This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

S 7900.46.20

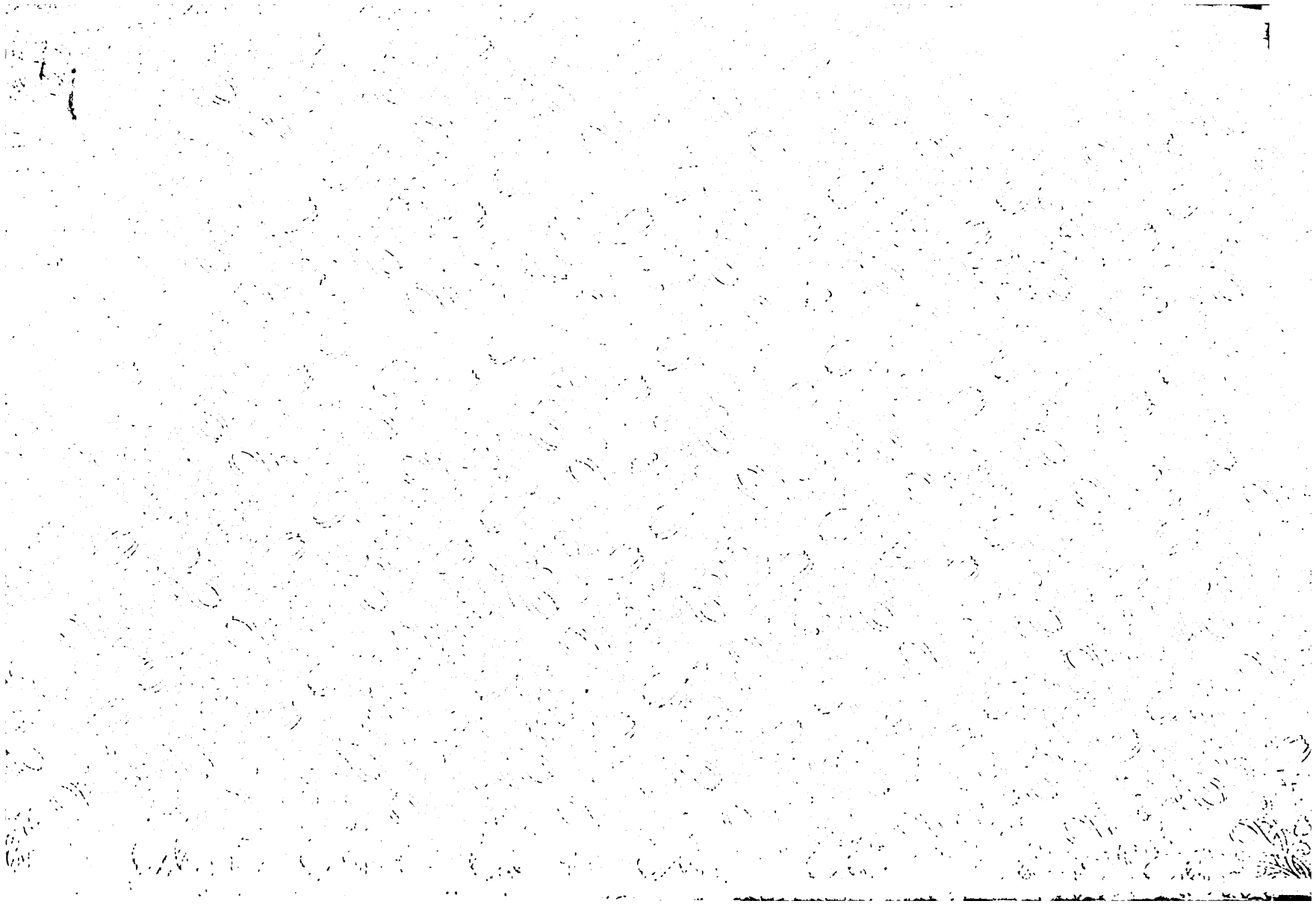
Harvard College Library

FROM

.....

.....

.....



Werden und Vergehen

Keines verbleibt in derſelben Geſtalt, und Veränderung liebend
Schafft die Natur ſtets neu aus anderen andere Formen,
Und in der Weite der Welt geht nichts — das glaubt mir — verloren.
Wechſel und Tauſch iſt nur in der Form. Entſtehen und Werden
Heißt nur anders als ſonſt anfangen zu ſein, und Vergehen
Nicht mehr ſein wie zuvor . . . . . .

Ovid's Metamorphoſen, überſetzt von Reinhard Suchier, XV. 251—257.

Werden und Vergehen

Eine Entwicklungsgeschichte des Naturganzen

in gemeinverständlicher Fassung

von

Carus Sterne

Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage

Erster Band

Entwicklung der Erde und des Kosmos, der Pflanzen und wirbellosen Thiere

Mit vielen Textabbildungen und 23 Tafeln in Holzschnitt, Farbendruck ꝛc.

Berlin
Verlag von Gebrüder Borntraeger
SW 46 Schönebergerstraße 17a
1901

HARVARD COLLEGE
LIBRARY

Alle Rechte vorbehalten

Die chromolithographischen Tafeln wurden von Carl Flemming, Aktien-Gesellschaft, Glogau hergestellt; Papier von Sieler & Vogel, Leipzig; Druck von A. W. Hayn's Erben, Potsdam.

Seinem lieben Freunde

Ernſt Haeckel

gewidmet

Vorwort.

Was kann der Mensch im Leben mehr gewinnen,
Als daß sich Gott-Natur ihm offenbare?
Goethe.

Von den äußeren Formen abgesehen, lassen sich schon in ihrem Ursprunge drei Weltanschauungen oder Religionsstufen unterscheiden. Die erste und älteste, in welcher Schleiermacher das Wesen aller Religion ausgedrückt glaubte, enthält die Schöpfung der unfreien, bedrückten und geistig armen Kindheitsvölker, deren Phantasie sich feindliche und freundliche, schadende und hilfreiche übermenschliche Mächte (Dämonen und Gottheiten) schuf, zunächst Vermenschlichungen der Naturgewalten, beladen mit allen nur erdenklichen menschlichen Schwächen.

Eine andere ist die Religion der Unbefriedigten, welche der menschlichen Unzulänglichkeit, Wissens- und Könnens-Beschränktheit, ein an nichts, als an seinen Willen gebundenes, allmächtiges und allwissendes Wesen gegenüberstellen, die den Götzen der niedersten Stufe überragende Gottheit des Wunsches, deren allgemeine Verbreitung unter den gebildeteren Völkern Feuerbach nachgewiesen.

Wir fühlen aber, es giebt noch eine höhere und reinere Religionsübung, die nicht von menschlichen und irdischen Unvollkommenheiten ausgehend, auf deren Abstellung bedacht ist, und daher nur solchen Geistern angemessen sein wird, welche die Grenzen der Menschheit erkannt und, wie Goethe rieth, „im Ganzen resignirt" haben. Ich meine die keinen Vortheil suchende Erhebung über das Gemeine, zu welcher uns eine tief innerliche, ideale und doch zielloſe Anlage hintreibt: jenen Enthusiasmus, der uns zwingt, das Gute zu üben, das Schöne zu bewundern, das Erhabene zu verehren und der verborgenen Wahrheit nachzuspüren. Das war vorläufig nur die Religion der Dichter und Künstler, der Philosophen und Naturforscher, eine um so herrlichere Errungenschaft, je mehr sie sich frei machen konnte, von den zählebigen Wahngebilden der Naturvölker und von der Gottheit des Wunsches, die dem Eigennutze ihre Entstehung dankt. Sie macht glücklich und selig wie die andern Religionen, obwohl sie nur in Idealen lebt, und obwohl sie das Arbeiten und Forschen dem ruhigen

Besitze materieller und ideeller Güter vorzieht. Das vornehmste Gesetz dieser Religion der Uneigennützigen ist innere Läuterung durch unabläſſiges Vorwärtsstreben, das Besterkannte gewollt zu haben, ihre höchste Genugthuung. Naturstudium und Kunstübung werden in ihr als Cultushandlungen betrachtet, Naturforscher und Künstler gelten als Priester der Gemeinde. Denn sie sind es, welche auf anfangs auseinandergehenden, nachher sich treffenden Wegen das Göttliche suchen.

Man hat die Naturforschung nur allzuoft als der Religiosität feindlich hingestellt. Aber sie ist nur dem Aberglauben, dem rohen Fetischdienst und den willkürlichen Menschensatzungen feindlich, nicht dem freien und reinen Enthusiasmus, in dem das Wesen wahrer Religiosität besteht und aus dem alles Große und Erhabene, was wir bewundern, hervorgegangen ist. Wie kein menschlicher Kirchenbau an überwältigender Macht dem Säulentempel des grünen Waldes, dem Sternenzelt, welches ruhig flimmernd das brausende Meer überspannt, gleichkommt, so darf sich keine der vielburchblätterten Offenbarungsschriften der verschiedenen Völker mit dem so vernachläſſigten Buche der Natur vergleichen. Bei seinem Studium erst findet der Mensch sich selber wieder, indem er sich als oberstes Glied, als verschwindender und doch bedeutendster Theil eines ungeheuren Ganzen erkennt. Die Widersprüche spitzfindiger Lehrmeinungen hören auf, ihn zu peinigen, die Vorurtheile der Gesellschaft, der Zwang der Willkürherrschaft verlassen ihn, er fühlt sich erleichtert und zum ersten Male wahrhaft frei, indem er sich den ewigen Naturgesetzen mit Bewußtsein unterordnet. Er findet Balsam für die Wunden, die er im Kampfe um's Dasein davongetragen und Trost für die Enttäuschungen des öffentlichen Lebens. Aber was ihn von Allem am meisten beglückt, ist die Entlastung seiner Vernunft, von den wie ein Alp sie quälenden Zweifeln.

Wer Gelegenheit gehabt hat, in das innere Leben der Menschen den Blick zu lenken, der wird gefunden haben, daß sich zuletzt doch Jeder seine eigene Religion zurechtmacht, daß Jeder sich sagt, soviel kannst du glauben, und mehr nicht, daß es mit einem Worte soviel Religionssysteme wie Köpfe in der Welt giebt. Das Bekenntniß der Naturforscher ist nun unter diesen vielen Weltanschauungen vielleicht das freieste, aber niemals jene rohe fanatische und blutgierige „Religion" so unzähliger „Frommen". Es ist nicht weniger weit entfernt von jenem krassen, die Genußsucht als oberstes Ziel predigenden Materialismus vieler Personen, die sich für Naturkundige ausgeben. Denn der wahre Naturforscher erkennt und verehrt mindestens ebenso innig, wie der sogenannte Gläubige, eine ewige und unendliche, in den Vernunftgrenzen allmächtige, immer fortwirkende, unter Umständen lohnende und strafende Macht, welche das Weltall regiert, und es darf als sehr gleichgiltig erscheinen, ob er ihren Namen mit vier Buchstaben schreibt, wie die meisten Völker der alten Welt, oder mit fünfen. Und auch darin wird er von den klareren Anhängern des Offenbarungsglaubens nicht abweichen, daß er dieser ewigen, unendlichen und allgegenwärtigen Allmacht keine menschen-

ähnliche Persönlichkeit, keine menschlichen Leidenschaften, wie Liebe und Haß, zuschreibt.

Wenn wir unser Auge zum nächtlichen Sternenhimmel emporheben, und in seinen Tiefen aufdämmernde Welten erblicken, deren Licht Jahrtausende braucht, um zu uns zu gelangen, wie klein erscheint uns da der Gedanke, daß diese Welten gleichsam wie Gaslaternen auf den Weg gestellt seien, von dem sie leuchten. Wie viel erhebender und gewaltiger ist nicht die Vorstellung, daß auch die Erde ehemals Theil eines leuchtenden Gestirns gewesen ist, welches, wie jene noch leuchtenden, von Ewigkeit mit der Fähigkeit begabt war, unter geeigneten äußeren Umständen Leben und sogar die höhere Form desselben, welche wir als bewußtes Leben unterscheiden, aus sich herauszubilden. Es giebt gedankenlose Geister in Menge, die das unbeschränkte Walten der Naturgesetze im Himmel und auf Erden zugeben, welche die freilich nicht zu läugnende Thatsache, daß die unvollkommneren Pflanzen und Thiere in strenger Stufenfolge den vollkommneren vorausgegangen sind, anerkennen, die so nachgiebig sind, daß sie selbst im gewöhnlichen Laufe der Dinge die Hand übernatürlicher Mächte aus dem Spiele lassen und sich mit Darwin'schen Grundanschauungen einverstanden erklären, aber an drei Punkten eine äußere Hilfe herbeirufen, nämlich hinsichtlich des ersten Ursprunges der Welt, des Lebens im Allgemeinen, und der menschlichen Seele im Besondern. Sogar mancher Naturforscher hat sich in Betreff dieser drei Punkte einer Fahnenflucht schuldig gemacht, ohne zu bedenken, daß er damit seinen Lebensberuf als kindliche Spielerei verurtheilte, und mancher Weisegeborene hat ihm dafür Beifall geklatscht, ohne zu ahnen, daß er nur einen Renegaten vor sich hatte. Denn der echte Naturforscher schwört seinen Glauben nicht so leicht ab, und ist im gewissen Sinne frömmer, als Jene, die ihren Gott nur zuweilen, nur bei besonders schwierigen Punkten in den Weltproceß eingreifen lassen. Er erblickt vielmehr in Allem, was geschieht, Aeußerungen der von ihm verehrten Allmacht, und glaubt, daß ihre Satzungen unabänderlich seien, daß einzig und allein diese Unabänderlichkeit die Mühe lohne, sie zu studiren.

Wem es zur innern Befriedigung dient, dieses einzig Unbewegliche, alles Bewegende, diese immerwährende Ursache, welche wir voraussetzen, aber nicht vollinhaltlich erfassen können, als immerthätige Gottheit zu denken und ihr persönliches Wirken in Allem zu erkennen, was geschieht, in dem Fallen des Steins, wie im Umschwung der Gestirne, der wird sich nie mit den Ergebnissen der Naturforschung in irgend einem Widerstreite befinden. Gegen eine solche folgerichtige Auffassung, die dann weiter folgern wird, daß die Schöpferkraft nach denselben Vernunftgesetzen, durch welche sie das Werk ihrer Kraft erhält, auch die Welt, das Leben, und das Selbstbewußtsein, um diese Begriffe stufenweise auseinander zu halten, erschaffen habe, hat kein Naturforscher etwas einzuwenden, denn sie ist völlig identisch mit seiner eigenen Herzensüberzeugung. Hier begegnet sich der innigste Bibelglaube, der kein Gras wachsen und keinen Sperling vom Dache fallen läßt, ohne

Gottes Willen, mit dem des Naturforschers, und beide bekämpfen vereint nur die Gedankenlosigkeit, bald die anerkannte Allmacht wirken zu lassen und bald nicht. Zwischen den beiden Gottheitsbegriffen dieser im Wesentlichen einigen Verehrer besteht vielleicht nur der Unterschied, daß derjenige des Naturforschers größer und erhabener empfunden ist, befreit von allen Vermenschlichungen, als der reine Urquell alles Seins und Geschehens. Sonst ein Name mit kaum ausgedachtem Inhalt, wird er ihm ein wirklich Lebendiges, dessen Bewußtsein in ihm selber erwacht ist, erst in dunkler, entstellender Vermummung, dann allmälig klarer und reiner, aufsteigend zu dem vollkommenen Anschauen, in welchem die höchste Seligkeit erwartet wird. Wie Alles in der Welt, hat auch der Gottesbegriff seine Entwicklung und entspricht überall genau dem Grade des Erkennens, zu dem die Wissenschaft fortgeschritten ist.

Ursprünglich hinderte kein Studium den Menschen, zu glauben, die Welt sei mit Allem, was darin lebt, in sechs Tagen fertig erschaffen worden. Nun sehen wir aber mit klaren Augen, daß die Weltentwicklung lange vor dem Erscheinen des Menschen durch unendliche Zeiträume fortgegangen ist, und Niemand wird heute mehr glauben wollen, sie sei vor ungefähr sechstausend Jahren mit allen ihren Schichten und Versteinerungen darin auf einmal fertig erschaffen worden. Oder sollen wir einen Augenblick diesem wahnwitzigen Schlusse folgen und uns fragen, welchen Zweck wohl nach dieser Anschauung die Erschaffung zahlloser Fossilien, deren Aufeinanderfolge so deutlich die Entwicklung zum Vollkommneren zeigt, gehabt haben könnte? Dem Buchstabengläubigen, der das Gewicht der paläontologischen Thatsachen begriffen hat, würden sich nur zwei Erklärungen bieten, von denen die eine noch unwürdiger wäre, als die andere. Er müßte nämlich entweder annehmen, die Fossilien seien Versuchsmodelle, um immer vollkommnere Organismen hervorzubringen, oder gar, sie seien mit Absicht in der bestimmten Stufenfolge dem Erdschooße einverleibt worden, um dadurch dermaleinst die Ungläubigen irre zu führen. Wie einst der Jesuit Athanasius Kircher künstliche Alterthümer vergrub, um einem eifrigen Archäologen dadurch einen Fallstrick zu legen, so sei der gewaltige Erdbau nichts als ein großartig angelegter Jesuiten-Betrug, um die Kinder der Weisheit zu Narren zu machen.

In der That, auf solche Irrwege würde der gequälte Menschengeist gedrängt werden, wenn er noch länger an der einfachen, natürlichsten Erklärung vorübergehen wollte, und doch die thatsächlichen Ergebnisse der Erd-Untersuchungen anerkennen müßte. Aber glücklicherweise kann er diese Thatsachen anerkennen, ohne die geringste seiner religiösen Empfindungen Preis zu geben, und dies ist der Punkt, auf welchem der große Brite als Versöhner und Vermittler der verschiedensten Weltanschauungen gepriesen zu werden verdient, weil er die bedrückten Seelen erlöst, und ihnen den Weg zeigt, auf welchem sie, ohne unwahr gegen sich selbst zu werden, Ruhe und

Frieden finden können. Seine Theorie ist eine Erklärung der Thatsachen, sie präjudicirt nichts und läßt Jedem seinen Glauben. Unbenommen bleibt es dem Bedürfnisse eines Jeden, sich an seinen, dem einfachsten Verstande einleuchtenden Entwicklungsgesetzen genügen zu lassen, oder sie als die Mittel und Wege zu betrachten, durch welche die Gottheit diese an Vollkommenheiten und Schönheiten, wie an Häßlichkeiten und Mängeln gleich reiche Schöpfung in's Dasein gerufen. Ja in Anbetracht der letzteren sollten wir Darwin nur um so eifriger dafür danken, daß wir durch seine Entwicklungstheorie von der höchst unwürdigen Vorstellung befreit worden sind, das höchste Wesen wie einen Töpfer oder Automaten-Verfertiger betrachten zu müssen, der auch so vieles Häßliche und Schädliche gemacht habe, oder doch dessen Hervorbringung — wenn man sie einem Teufel in die Schuhe schieben will, — nicht verhindern konnte. In der Entwicklungstheorie finden auch die den Theologen so peinigenden schädlichen Wesen, die Schlangen, die Eingeweidewürmer, Mißgeburten, Unzweckmäßigkeiten, Ansteckungs-Krankheiten und Gebrechen ihre wohlmotivirte Stelle, ohne daß man zu Teufelsspuk und dergleichen Verunglimpfungen einer höheren Religion seine Zuflucht zu nehmen braucht.

Der Gedanke einer mittelbaren Schöpfung der lebendigen Welt hat, wie er schon den Kirchenvätern geläufig war, nicht nur nichts das religiöse Gefühl beleidigendes, sondern vielmehr alle Aussicht, binnen Kurzem allgemein als die würdigste und erhabenste Auffassung des Schöpfungswerkes gepriesen zu werden. Vor hundert Jahren bereits nannte Erasmus Darwin, der in so vielen Richtungen der Vorkämpfer seines Enkels war, die schon ihm aufgegangene Idee, daß alle Dinge der Natur in einem Fortschritte zu immer größerer Vollkommenheit begriffen wären, „eine des Schöpfers aller Dinge angemessene", und in derselben Auffassung finden zahlreiche und namhafte darwinistische Forscher der Jetztzeit Erhebung und Befriedigung. Denjenigen, welche dieses Buch so heftig und an der öffentlichsten Stelle des Landes angegriffen haben, muß ich daher erwidern, daß sie ihre Zeit und die religiösen Bedürfnisse ihrer Mitmenschen nicht verstehen. Ich halte es für die höchste Zeit, in Schule und Haus den Fortschritten der Naturwissenschaft Rechnung zu tragen, und den religiösen Unterricht auf einer dem naturwissenschaftlichen Unterricht entgegenkommenden Grundlage zu reformiren. Die Religion darf sich dem allgemeinen Entwicklungsgange der Menschheit nicht entziehen; als ein im Laufe der Zeiten gewordenes Lehrgebäude, muß auch sie der fortschreitenden Erkenntniß folgen und eine Form zu finden wissen, in welcher auch der mit der Bildung unserer Zeit genährte Mensch Erhebung und Trost finden kann.

Die Ueberzeugung, daß der Kern jeder Religion durch eine Reinigung von den Flecken des Aberglaubens unendlich gewinnen müsse, dürfte zwar heute ein Gemeingut der gebildeten Klassen sein, gleichwohl aber geschieht so gut wie gar nichts, um diese Erkenntniß bei der Erziehung der Jugend

und des Volkes zu verwerthen, und Niemand scheint einzusehen, daß hierin grade zu das dringendste Bedürfniß unseres Erziehungswesens liegt. Die Fortschritte der Naturwissenschaften haben uns in einem früher nie vorhandenen Maße die Unmöglichkeit und Widersinnigkeit einer Reihe von Phantasiegebilden dargethan, die in den religiösen Schriften — der Zeit ihrer Abfassung entsprechend, — als Thatsachen berichtet werden. Jede unserer mathematischen, astronomischen, physikalischen, chemischen, geologischen und biologischen Unterrichtsstunden, untergräbt ohne Aufenthalt und Schonung eine Anzahl der in ihr Bereich fallenden Wunder-Erzählungen, und es droht die Gefahr, daß mit jenen Aeußerlichkeiten, die das eigentliche Wesen der Religion gar nicht berühren, diese selbst dem Kinde unserer Zeit, zweifelhaft, ja lächerlich und verächtlich werden muß. Am meisten unbegreiflich müssen bei dieser Sachlage jene Eiferer erscheinen, die noch heute in einer Betonung des starrsten Buchstabenglaubens die letzte Rettung der Gesellschaft sehen. Diese blinden Zeloten nehmen die schwerste Verantwortung auf sich, denn ihnen wird man den Löwenantheil der Schuld zuschreiben müssen, wenn binnen Kurzem die Gebildeten ganz aus der Kirche gedrängt, und damit den Gemeinden ihr bester Halt geraubt sein wird. Auch jenen entgegengesetzten Weg, den ein berühmter Gelehrter und Politiker wiederholt empfohlen hat, nämlich Religion und Wissenschaft ungestört nebeneinander fortbauen zu lassen, kann ich weder für besonders weise, noch für heilbringend halten. Denn es liegt ja auf der Hand, daß auf diesem Wege die Kluft zwischen den beiden Richtungen des Gemüths- und Verstandeslebens nur immer tiefer und zuletzt unüberbrückbar werden muß.

Im Nachfolgenden ist den äußern Umrissen nach, der Versuch gemacht worden, die Hauptergebnisse der neueren, auf die allgemeine Weltanschauung bezüglichen Forschungen zu einem knappen Gesammtbilde zusammenzufassen. In Bezug auf Abrundung und Einzelnheiten wende ich mich an die Nachsicht kompetenter Beurtheiler und bitte sie, die vielseitigen Schwierigkeiten eines solchen Unternehmens nicht außer Betracht lassen zu wollen. Die Naturwissenschaft ist niemals ein Abgeschlossenes, und auch das heute Erforschte ganz zu umfassen, wird sich kein Lebender rühmen können oder wollen. Andrerseits ist der Stoffreichthum, aus welchem eine möglichst zweckmäßige Auswahl zu treffen war, ein ungeheurer; die Entdeckungen der Paläontologie wie der Entwicklungsgeschichte drängen sich, und erschweren die Aufgabe, ein umfassendes Bild der Weltentwicklung zu geben, auch wenn man dem Streite der Meinungen über Einzelnheiten so viel als möglich aus dem Wege geht. Bei der neuen Auflage ist es mein Bestreben gewesen, das Buch von Neuem gründlich durchzuarbeiten und es unbeschadet seines für weitere Leserkreise berechneten Charakters bis auf die neuesten Forschungen zu ergänzen.

Inhaltsverzeichniß des ersten Bandes.

		Seite
	Vorwort	VII
I.	Im Reiche des Lichtstrahls	1
II.	Aus dem Tagebuche der Erde	58
III.	Die Gestalten des Mineralreichs (Krystalle und Edelsteine)	119
IV.	Ursprung und Entwicklung des Erdlebens	188
V.	Das Reich der Protisten oder Urwesen	187
VI.	Die Jugend der Pflanzenwelt (Algen)	214
VII.	Das Reich der Einträchtigen (Pflanzenthiere)	241
VIII.	Die Vorläufer der höheren Thierformen (Würmer und Wurmverwandte)	268
IX.	In Wehr und Waffen (Stachelhäuter)	304
X.	Die ersten Hausbesitzer (Weichthiere)	337
XI.	Vom Vielfüßler zum Sechsfüßler (Gliederfüßler)	378
XII.	Das Kleid der Erde (Landpflanzen)	448

Verzeichniß der Tafeln des ersten Bandes.

1. Marsaufnahmen nach Schiaparelli . . . . . gegenüber von Seite 48
2. Der zunehmende Mond im Alter von 226 Stunden 7 Minuten . . . . „ 48
3. Madreporen-Lagune im großen Australischen Barrièren-Riff (Port Denison) nach Saville Kent . . . . . „ 72
4. Ein Atoll-Archipel . . . . . „ 74
5, 6. Basalt-Landschaft und Basaltsäulen von Kurû Serâï bei Boyabad nach Aufnahmen von G. von Prittwitz . . . . . zwischen Seite 88 u. 89
7, 8. Shini-Mo-Altar und Felsschlucht des Grand Cañon (Colorado-Fluß) zwischen Seite 96 und 97
9. Der „Urwald" der Armandhöhle (Depart. Lozère) . . . gegenüber von Seite 99
10. Erratischer Riesenblock bei Monthey (Wallis) . . . . . „ 105
11. Ideale Sumpflandschaft der Steinkohlenzeit . . . . . „ 166
12. Ideale Landschaft der Jura-Zeit . . . . . „ 174
13. Mitteleuropäische Landschaft der Eocän-Zeit . . . . . „ 184
14. **Polystomella strigillata** . . . . . „ 206
15. Fortpflanzung und Keimung des Blasentang . . . . . „ 227
16. Röhrenquallen . . . . . „ 264
17. Entwicklung einer Seegarneele (Penaeus) . . . . . „ 387
18. Maskirung bei Krebsthieren . . . . . „ 401
19. Blatt-, Zweig- und Moos-Heuschrecken . . . . . „ 427
20. Die Riesen-Schachtelhalme bei San Nikolas (Ecuador) . . . . . „ 490
21. Pflanzenformen des Steinkohlenwaldes. Nach Entwurf von Dr. H. Potonié „ 497
22. Die Farben-Entwicklung der Veilchen . . . . . „ 530
23. Zusammengesetzte Blumen . . . . . „ 538

I.

Im Reiche des Lichtstrahls.

Ferner, zu sagen, es sei dies herrliche Weltengebäude,
Nur um der Menschheit willen, von gütigen Göttern erbauet;
— — — — — — — — — — — — — — —
Thöricht erscheinen, o Freund, Entstellungen solcherlei Art mir.
Denn wenn ich auch die Natur ursprünglicher Stoffe nicht kennte,
Würd' ich mir doch getraun, aus des Himmels Beschaffenheit selber,
Kühn zu behaupten und noch aus mancherlei anderen Gründen,
Dieser Dinge Natur, mit so großen Mängeln behaftet,
Sei nicht von göttlicher Hand ausschließlich dem Menschen bereitet

Lucretius Carus, Von der Natur der Dinge.
(V. 158—200.)

Es giebt keine bessere Einführung in die Erhabenheit des Naturganzen, als sie der Besuch eines jener Weltalls-Aussichts-Plätzchen der Astronomen gewährt, auf denen im Verlaufe einer Nachtwache ein großer Theil der Herrlichkeiten des Weltengartens vor uns vorüberzieht. Hinaus schweift der Blick durch die sternenfreien Durchsichten des innern Sterngebäudes, dem unsere mütterliche Sonne als bescheidene Größe angehört und dessen äußersten Umfang die mit Millionen von Sternen besäete Milchstraße bezeichnet, in den uferlosen Außenraum des Himmels, wo nach des Dichters Wort:

„Wie Gras der Nacht Myriaden Welten keimen."

Unter den endlosen Stern-Archipelen, welche das Riesenauge des Fernrohrs hier dem erstaunten Beschauer erschließt, — der es kaum wagt, die Tausende der Sonnen zu schätzen, welche einen einzigen dieser Schwärme zusammensetzen, — gewahren wir an der Grenze des Sichtbaren aufdämmernde Nebeleilande, — die in einem sanften, gleichmäßigen Lichte erglänzen und an einer dieser Nebelküsten ist es, wo unsere Phantasie zunächst Anker wirft. Ihr Licht übermittelt uns nach Humboldt's schönem Ausdruck, „das älteste sinnliche Zeugniß von dem Dasein der Materie im

Raume." Wir wissen nicht, welche Zeiträume vergangen sind, seit diese Botschaft, welche in der Secunde vierzigtausend Meilen zurücklegt, von jener Nebelmasse ausging; oft mag die Depesche, welche die Lichttelegraphie heute in unsere Hände liefert, schon zu einer Zeit abgegangen sein, als auf der Erde noch kein Philosoph bereit gewesen wäre, sie zu deuten. Durch die wunderbaren Leistungen der Spektralanalyse sind wir jetzt in den Stand gesetzt, mit großer Wahrscheinlichkeit den Zustand jener leuchtenden Materie zu der Zeit, in welcher ihre Strahlen die Reise durch die Welt antraten, festzustellen; es war nach der vorherrschenden Anschauung derjenige eines glühenden und leuchtenden Gases von ungeheurer Ausdehnung.

So wäre es uns nunmehr vergönnt, klar vor Augen zu sehen, was Anaximenes und die jonische Philosophenschule von dem Urzustande der Materie und dem Werden der Welten geträumt haben, was Tycho Brahe und dem phantasiereichen Kepler vorschwebte, als sie von der Entstehung neuer Sterne aus dem verdichteten Lichtdunste der Milchstraße phantasierten, woran Halley, Lambert, Lacaille, Kant und der ältere Herschel, der Columbus der Nebelwelten, festhielten, so viel auch ihre Gegner, unter denen wir einen Galilei, Cassini und Michell antreffen, dagegen streiten mochten. In der That, die Naturphilosophie hat hier einen großen Sieg errungen, indem sie aussprach, daß auch die Welten ihren Ursprung haben, und daß sie nicht anders entstanden sein können, als aus der Verdichtung und Ballung einer vorher weithin zerstreuten Masse. Mag es sich dabei um Gase oder um eine noch feinere Substanz (verdichteten Lichtäther) oder gar, wie Lockyer in jüngerer Zeit behauptet hat, um staubartige Meteornebel handeln, die durch eine innere Ursache leuchtend werden, so kann man sich kaum dem Gedanken einer Ballung vorher noch weiter, vielleicht gleichmäßig durch den Raum vertheilter Materie in ihrer denkbar einfachsten Form verschließen, doch wollen wir uns darüber nicht in unbeweisbare Phantasien verlieren und wenden uns zunächst zu der Frage nach den Formen dieser leuchtenden Welt-Eier.

Das Teleskop zeigt uns die Nebel in verschiedenen Gestalten, unter denen jedoch diejenigen von kreisrundem, ovalem und weberschiffchenartigem Umriß weitaus in der Mehrzahl sind. Diese drei Erscheinungsformen lassen sich aber auf eine einzige Grundform zurückführen, auf die Linse, welche, je nachdem man sie von vorn, von der Seite oder in schräger Richtung sieht, diese drei in einander übergehenden Ansichten darbietet. Es würde uns nichts hindern, die scheibenförmige Erscheinungsform mancher Nebel auf die „Gestalt der Götter", als welche ein alter Philosoph die Kugel, die vollkommenste aller Gestalten bezeichnete, zu beziehen, wenn wir uns eine so ausgedehnte Masse in ihrem bewegungslustigsten Zustande, befriedigt in sich selber ruhend, vorstellen könnten. Nein, die Theile eines Gases oder feinsten Aethers können noch weniger ruhen, als die einer Flüssigkeit, welche wir, durch darin vertheilten Staub sichtbar gemacht, unter dem Mikroskope

kreisend und durcheinander wirbelnd erblicken, und wir rechnen daher unbedenklich die scheibenförmigen Nebel mit zu den linsenförmigen, deren Gestalt der Ausdruck ihrer Bewegung ist. Sie liefert uns den Beweis, daß die Gesetze der Schwere bis in die fernsten Räume der Welt herrschen, und einer ganzen Welt dieselbe Gestalt verleihen, welche ein Wölkchen Tabaksrauch annimmt. wenn es geschickt hinausgeblasen wird.

Fig. 1.
a b c Linsenförmige Nebelflecke in verschiedenen Lagen gesehen. d Doppelnebel. e g Ringförmige Nebel. f h Spiralige Nebel im Löwen und in den Jagdhunden.

Man hat den Naturforschern, welche von der sogenannten Nebularhypothese ausgehen, d. h. von der Annahme, daß alle Weltkörper aus der Verdichtung von Nebelmassen entstanden seien, oftmals vorgeworfen, daß sie nicht wüßten, durch welche Kraft diese Nebel (und die aus ihnen hervorgehenden Welten) den ersten Anstoß zu ihren Bewegungen empfangen hätten. Die Gegner würden besser nach dem ersten Ursprunge der Massen selbst, oder wenigstens nach dem Urgrunde der Verdichtung fragen, denn so umfassend angelegt ist jene Hypothese, daß sie, das Chaos, den Urnebel vorausgesetzt, nach den Newton'schen Gesetzen alle andern Erscheinungen als Folgewirkungen der allgemeinen Anziehung erklärt, also jener Kraft,

die sich schon die alten Philosophen im Eros „der Alles begonnen" oder in der göttlichen Liebe verkörpert dachten. Worin diese „Schwerkraft", welche die Massen verdichtet und vereinigt, ihrem innersten Wesen nach besteht, ob sie in Wahrheit den Namen einer „allgemeinen Anziehung" verdient, oder ob es sich etwa um einen „Druck des Weltäthers" handelt, der die Massen gegeneinander treibt, — wie diejenigen glauben, die sich leichter eine im Rücken wirkende Kraft als eine von innen heraus wirkende vorstellen können — lassen wir als unerheblich für unsere Untersuchung bei Seite; nicht die letzten Ursachen zu zergliedern, sondern die Gesetzmäßigkeit und Folgerichtigkeit alles Geschehens darzulegen, ist der Hauptzweck dieses Buches.

Den Ursachen der Bewegungen im Weltall hat der Astronom Jacob Ennis in neuerer Zeit seine Aufmerksamkeit zugewendet und erheblich zu ihrer Aufhellung durch die im Folgenden kurz wiedergegebenen Betrachtungen beigetragen. Durch allmählige Zusammenziehung des in dem unendlichen Raume vertheilt gewesenen gasförmigen Weltstoffes mußte eine unendliche Zahl getrennter nebelförmiger Massen sich bilden, und ähnlich den Wolken in unserer Atmosphäre mußten sie von ungleicher Größe und Gestalt ausfallen, und sich in unregelmäßigen Entfernungen von einander befinden, wie dies bereits Newton erörtert hat. Durch die Wirkung der allgemeinen Schwere (Gravitation) werden sodann diejenigen, die einander näher standen, in einander gefallen sein, bis die entstandenen Massen so weit von einander entfernt waren, daß sie außerhalb der Grenzen merklicher gegenseitiger Wirkung lagen. Es ist in den letzten Jahren gelungen, auch Ortsbewegungen der Nebel festzustellen, worauf weiter unten zurückzukommen sein wird. So lange aber ein Nebel in einen andern fiel, konnte er niemals in der Richtung des Gravitationsmittelpunktes fallen, weil er sich gleichzeitig unter dem Einfluß anderer benachbarter Nebel befand, welche ihn von dem direkten Wege ablenkten und verursachten, daß er stets schief zu dem andern stoßen mußte. Wenn wir eine schwebende Kugel in der Richtung des Mittelpunktes anstoßen, so wird sie grabaus vorwärts fliegen, wenn wir sie aber seitwärts anschlagen, so wird sie sich drehen. Eine ähnliche Wirkung mußte durch das seitliche Aufeinanderfallen der Nebel entstehen, nur daß die Drehung sich bei den Nebelmassen zuerst nur den äußeren Schichten mittheilen und langsam von außen nach innen fortpflanzen konnte, wobei sie natürlich entsprechend an Geschwindigkeit verlieren mußte. Wie sich letztere nachher, wiederum in Folge der Gravitation, von Neuem steigern mußte, werden wir später sehen.

Allein das gegenseitige Zueinanderdrängen der Massentheilchen erklärt nicht nur die Entstehung der Bewegungen im Weltall, sondern auch die Temperaturzunahme, durch welche jene Nebel zu Wärmeherden wurden, da nach physikalischen Gesetzen jeder sich verdichtende Stoff heißer und heißer werden muß. Das pneumatische Feuerzeug, in welchem eine plötzlich zusammengedrückte Luftmasse bis zur Weißgluth und Entzündung brennbarer

Körper erhitzt wird, giebt einen augenfälligen Beweis von diesem physikalischen Gesetze. Die Nebel tauchen als glühende Gasmassen im All auf, und rechtfertigen so auch jenen Traum der alten Philosophie und religiösen Systeme, daß die Welt aus dem Feuer hervorgegangen sei. Nachdem wir nun erfahren haben, daß die Weltembryonen aus drehenden, glühend aufleuchtenden Gasmassen bestehen, tritt uns die andere Frage auf die Lippen, ob auch der Grundstoff in jenen Anfängen so gleichartig sei, wie wir es eben von der Grundkraft annahmen? Vor der Entdeckung der Spektralanalyse wäre eine solche Frage einfach närrisch erschienen, nunmehr erfahren wir aber, daß das Licht nicht nur Kunde giebt, über den Zustand des Stoffes, von dem es ausgeht, sondern auch, sofern dieser Zustand ein gasförmiger ist, von seiner chemischen Natur. Und da hat uns nun das prismatische Leseglas, durch welches man das schwache Licht der Nebelflecke in drei oder vier Lichtlinien zerlegte, verrathen, daß es hauptsächlich aus zwei Lichtarten zusammengesetzt ist, welche von glühendem Wasserstoff (H) und Stickstoffgas (N) ausgestrahlt werden. Eine Lichtart anderer Herkunft deutet sich außerdem an, ohne bisher zur Bestimmung ihres Ausgangsstoffes geführt zu haben. Diese Auskunft befriedigt uns zunächst wenig, denn wenn dort Welten werden sollen, wie diejenige, der unser Sonnensystem angehört, so müßten noch über siebzig verschiedene Elementarstoffe hinzukommen, um später die Bildung einer Körperwelt zu ermöglichen, ähnlich der irdischen. Da wir nun alle Ursache haben, eine Gleichmäßigkeit des Stoffes, wie wir sie in unserer Weltlinse beobachten, auch außerhalb derselben vorauszusetzen und in der Bildung jener Nebelwelten Spiegelbilder des Zustandes unserer eigenen Welt vor unendlichen Zeiträumen zu erblicken, so bleiben uns fast nur zwei Auswege übrig, die abweichende Botschaft des Lichtes mit unserer Idee in Einklang zu bringen: die Annahme, daß die Lichtwellen der übrigen Grundbestandtheile der Nebelflecke unterwegs aufgesaugt worden seien, oder aber, daß die anderen chemischen Bestandtheile unserer Körperwelt erst nach und nach aus den Urstoffen der Nebelflecke hervorgegangen seien. Wir werden weiterhin sehen, daß die Untersuchung des Lichtes der Fixsterne ebenso sehr gegen die erste Annahme spricht, wie sie die zweite bis zu einem gewissen Grade unterstützt. Eine gewisse noch ungelöste Schwierigkeit liegt allerdings in der Annahme, daß die Stoffe der Nebelflecke weiter zerlegt zu sein scheinen, als in den

Fig. 2.
Nebelfleck mit Spectrum

Fixsternen und Sonnen, während man doch annehmen muß, daß die hohe Temperatur erst bei weiterer Zusammenziehung der Nebelwelten jene Grade erreicht haben kann, die wir den Fixsternen und Sonnen zuschreiben müssen. Eben deshalb hält Lockyer die Nebelwelten für verhältnißmäßig kalte Welten, die aus einer anderen Ursache (z. B. durch elektrische Strömungen, Phosphorescenz u. s. w.) leuchten.

Wie dem auch sein mag, von dem unleugbar dünnen Zustande der ursprünglich den ganzen Raum füllenden Nebelmaterie ausgehend, gelangen wir zu der großartigsten Naturanschauung, welche jemals in das Bewußtsein eines Philosophen getreten ist, zu der Vorstellung von der Substanz Spinoza's, welche in sich untrennbar vereinigt, die Bedingungen zur Entwicklung der körperlichen und der geistigen Welt enthält. Man darf die Nebelflecke natürlich nicht geradezu diesem Begriffe des Urseins unterschieben wollen, denn sie sind selber bereits eine Entwicklungsstufe, ein Gewordenes, immerhin aber dürfen wir sie wie ein Symbol, des, wie Schelling so wahr sagt, größten Gedankens, der je in eines Menschen Hirn gekommen ist, ansehen, des Identitätsgedankens, in welchem der Naturforscher auch fernerhin seinen alleinseligmachenden Glauben suchen dürfte. Spinoza schrieb seiner Substanz nur zwei Eigenschaften zu, die unendliche Ausdehnung nach außen und das unendliche Denken, als unzertrennbare innere Eigenschaft. An der glühenden Gasmasse der Nebelflecke sind erst die ersten Eigenschaften der Substanz nach beiden Richtungen entwickelt, aber dem Vermögen nach müssen alle künftigen Leistungen in ihr ruhend gedacht werden, und wenn wir den Gedanken des Monismus nach seiner Tiefe erfaßt haben, wie ihn Spinoza begründete, so werden wir keinen Anstand nehmen, ohne fremdes Zuthun aus dieser Gasmasse, der alle Bedingungen dazu innewohnen mochten, die Entwicklung der Mannigfaltigkeit des Weltganzen in der Zeit abzuleiten. Können wir dem glühenden Nebel eine glühende Phantasie gegenüberstellen, so werden wir im Stande sein, in dem Körper jener Doppelgänger unseres eigenen Urseins, die Keime anderer, ebenso mannigfaltiger, formen- und farbenreicher Schöpfungen wie der unsrigen zu erblicken, ja sie in unsern Träumen vielleicht mit noch vollkommeneren Zukunfts-Wesen zu bevölkern.

Die Himmelsphotographie, welche den Fixsternen und der Sonne, den Planeten und Monden gegenüber, den Astronomen hervorragende Dienste dadurch leistet, daß sie wie eine nie ermattende, die Eindrücke summirende Netzhaut wirkt, und ohne sich von benachbarten glänzenderen Gestirnen blenden zu lassen, auch die kleinsten Gestirne und Planeten — letztere als Linien — auf der Platte festhält, wobei die stärker leuchtenden Sterne allmählich im Durchmesser wachsen, hat den zarten Lichtgebilden der Nebelflecke gegenüber zunächst weniger in die Augen springende Vortheile gebracht. Lichtstarke raumdurchdringende Teleskope waren hier die Haupthilfsmittel und die größte Zahl dieser 1894 in den Nebelkatalogen auf 9369 gestiegenen

kosmischen Welten sind ohne Inanspruchsnahme der Photographie entdeckt worden. Dagegen ist sie als unbestechlicher, phantasiefreier Zeuge für verwickeltere Formgebilde und für die leichten Veränderungen, die man in den Nebeln zu bemerken glaubt, von großem Werthe. In den beiden photographischen Aufnahmen von Isaac Roberts, die wir in Fig. 3 und 4 wiedergeben, ist besonders die in der ersteren Figur hervortretende Beziehung des Nebelfleckes zu den umherstehenden Sternen von dreizehnter bis siebzehnter Größe, die wie Ausstreuungen der im Mittelraum fast immer am dichtesten gehäuften Lichtmasse erscheinen, bemerkenswerth.

Fig. 3.
Spiralnebel im Sternbild der Fische.
Photographisch aufgenommen von Isaac Roberts
(Dezember 1893.)

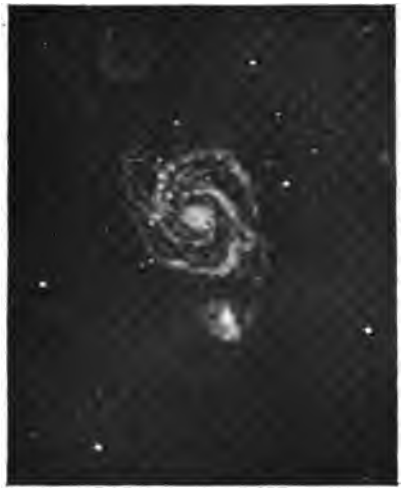


Fig. 4.
Spiralnebel im Sternbild der Jagdhunde.
Photographisch aufgenommen von Isaac Roberts.
(Mai 1896.)

Die Ausdehnung und gegenseitige Entfernung der Nebelflecke übertrifft weit das Fassungsvermögen des menschlichen Geistes. Wenn wir auch annehmen, daß unsere Sternenlinse nur eine mittlere Welt unter größeren und kleineren sei, so sagen uns doch die Physiker, daß der Lichtstrahl innerhalb derselben trotz einer Schnelligkeit von 42000 Meilen für die Secunde, manches Jahrhundert brauchen würde, um die äußerste Zone der Milchstraßen-Sterne zu durchwandern. Der gewaltigste Fixstern, wäre er auch mehr als zwanzigmal größer als unsere Sonne, giebt im Fernrohr nur das Bild eines verschwindenden Pünktchens, gegen die trotz ihrer so unendlich größeren Entfernung, oft die scheinbare Größe des Mondes einnehmenden Nebelwelten. Der ältere Herschel glaubte in seinem vierzigfüßigen Teleskope noch Nebelflecke und Sternwelten zu erkennen, die mehr als fünfunddreißigtausend Siriusweiten — eine Maßeinheit, die wir weiterhin kennen lernen

werden — von uns entfernt seien. Das sind Schätzungen, die einer sicheren mathematischen Grundlage entbehren, und in neuerer Zeit hat man aus physikalischen Gründen geschlossen, daß das Licht, wenn es mehr als 787 Siriusweiten zurückgelegt habe, durch die feine, im Weltraum zerstreuete Materie aufgesaugt sein würde, und daß hierin eine natürliche Grenze auch für die größten Verbesserungen optischer Werkzeuge gezogen sei. Hier also wäre der Grund zu suchen, weshalb wir auch in der reineren Atmosphäre der Aequinoctialgegenden außer Stande bleiben, die Unendlichkeit des Weltalls zu überblicken, und weshalb selbst im Teleskope die schwarzblaue Grundtapete des Firmaments, von welcher sich die näheren Fixsterne strahlend abheben, nicht wie die Milchstraße gleichmäßig schimmernd erscheint von dem zusammenfließenden Lichte ferner Welten. Wir würden nach obiger Schätzung die fernsten Welten, deren Licht noch zu unserm Auge dringt, in dem Bildungszustande erblicken, welchen sie vor fünfzehn Jahrtausenden hatten, und damit die Wahrscheinlichkeit gewinnen, daß der Weltbildungsprozeß nicht überall zugleich begonnen, sondern sich in fortwährenden Neubildungen wiederholt habe, denn vor jener Zeitspanne war unsre Sternlinse schon eine unendlich in dem Abkühlungsproceß fortgeschrittene Welt, in der wohl auch schon geistige Mittelpunkte entstanden waren, die über ihr Dasein nachzusinnen begonnen hatten. In den letzten Lichtstätten aber, die das Auge erblickt, findet wohl der Sinn, nicht der ahnende Geist seine Grenze. Weder im Stande die Endlichkeit, noch die Unendlichkeit der Welt ganz ausdenken zu können, weist ihn die Hoffnung, den letzteren Begriff als den vernunftgemäßeren, eher zu bewältigen, auf die Unendlichkeit des Raumes, wie auf die Ewigkeit des Daseins.

Von den Nebeln, die eine gleichmäßig glühende Gasmasse darstellen, wenden wir das Rohr auf einen der größten und merkwürdigsten Nebelflecken des nördlichen Himmels, auf den in recht dunkelklaren Winternächten schon mit bloßen Augen oder mit einem Opernglase erkennbaren Nebel im Schwertgriff des Orion. Wir haben erwähnt, daß viele nüchterne und strengere Geister von dem Dasein sichtbarer Lichtnebel nichts wissen wollten. Wie die Gruppe der Plejaden und der Krippe (im Sternbilde des Krebses), welche einem schwächeren Auge beide als Lichtnebel erscheinen, schon durch die geringste Vergrößerung deutlich in Sternhaufen aufgelöst werden, so sollten sich nach Annahme der bezeichneten Astronomen alle Nebelflecke als ferne Sternhaufen erweisen, wenn man eine hinlänglich starke Vergrößerung anwenden könnte. In der That lösen sich eine große Zahl der in schwächeren Instrumenten als Nebelflecke erscheinenden Gebilde in Sternhaufen auf, die als solche deutlich photographirbar sind (Vergl. Fig. 5), eine Sternenwelt für sich vorstellen und meist eine starke Zusammendrängung der Gestirne gegen das Centrum, ein Auseinandertreten im Umfange zeigen, welche aber theilweise nur als Wirkungen der Perspektive aufzufassen sind. Die kleine, so vielen Völkern der alten und neuen Welt durch ihren Aufgang den

Beginn eines neuen Jahrescyclus bezeichnende Siebengestirn- oder Plejadengruppe erweitert sich schon in schwächeren Fernrohren zu einer Welt von über 60 Sternen, worauf in stärkeren ein großer Nebel im Gewimmel eines mächtigen Schwarmes kleiner Sterne auftaucht. Auf einer Plejaden-Aufnahme des Observatoriums zu Taschkent wurden jüngst 6614 Sterne gezählt! Und schon als Lord Rosse im Jahre 1845 zu Parsonstown sein fünfzigfüßiges Riesenteleskop aufgestellt hatte, widerstand dessen zerlegender Kraft nur eine kleine Anzahl der ohne alle Wahl aus den älteren Verzeichnissen herausgegriffenen Nebelflecke, dafür tauchten freilich in den Grenzen des erweiterten Raumes neue, unauflösbar scheinende Nebel auf. Aber ein solches Verhalten mußte die Hoffnung stärken, auch diese durch Instrumente von noch stärker raumdurchdringender Kraft zu besiegen. Als nun das Rosse'sche Teleskop auf den großen Orion-Nebel gerichtet wurde, gelang zwar eine vollständige Auflösung des hellen Schimmers nicht, wohl aber tauchten in demselben einige hellere Lichtpunkte auf, was eine vollständige Trennung durch noch stärkere Instrumente zu versprechen schien. Aus dieser Ungewißheit befreiete uns erst die Entdeckung der Spectralanalyse, welche mit Sicherheit erlaubt, die Lichtausstrahlung fester oder flüssiger Massen von derjenigen gasförmiger zu unterscheiden. Während sich das Licht der ersteren durch das Prisma zu einem mehr oder weniger zusammenhängenden, irisfarbigen Streifen verbreitert, zeigt dasjenige der letzteren, je nach seiner Zusammensetzung, mehr oder weniger durch völlige Dunkelheit unterbrochene Farbenlinien von festbestimmter Stellung. Der englische Astronom Huggins und der Pater Secchi in Rom sowie andere Astronomen haben seit dem Jahre 1864 sehr zahlreiche Nebelflecken untersucht, und dabei in schönster Uebereinstimmung mit den Annahmen eines Kant, Herschel und anderer Naturphilosophen gefunden, daß alle auflösbaren Nebelflecke ein Sternspectrum, die meisten bis jetzt unauflöslich gebliebenen aber ein Nebelspectrum lieferten. Oftmals sondern sich aber in der unauflösbaren Nebelmasse einzelne Lichtpunkte, Sterne von intensiverer Leuchtkraft, die aber trotz der dunklen Linien, die ihr Spectrum zeigt, dennoch in einem genetischen Zusammenhange mit dem Nebel zu stehen scheinen. Schon 1889 hatte Huggins hinsichtlich der sogenannten Trapezsterne des Orionnebels, vier kleiner, in Form eines verschobenen Vierecks im Herzen des Nebels dicht bei einander stehender Sterne, eine Vermuthung, als seien sie flüssig oder gasig, dichtere Ausscheidungen des Nebels, gewagt, und im vorigen Jahre (1897) bestätigte sich ihm, daß die dunklen

Fig. 5.
Sternhaufen im Herkules
Aufgenommen von W. E. Wilson.
(August 1894.)

Linien dieser Sterne auf verbreiterten hellen Linien ruhen. Es scheint kaum allzu kühn, darnach anzunehmen, daß wir hier die Anfänge einer Gestirnweltbildung vor uns haben, die durch ungleiche Verdichtung des Nebels vor den Augen der sich ablösenden Erdengeschlechter vor sich geht. Da wir jetzt im Stande sind, uns unabhängig von den wechselnden Auffassungen der Beobachter objektive Zeugnisse von dem jeweiligen Zustande solcher Nebelmassen zu verschaffen, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß wir nach längeren Zeiträumen im Stande sein werden, durch Vergleichung älterer mit jüngeren Aufnahmen wirkliche Veränderungen in dem Zustande dieser kosmischen Massen aufzufinden und schrittweise zu verfolgen. Die durchaus unregelmäßig erscheinende, sogar den Zeichnern Schwierigkeiten bereitende Gestalt dieses Nebels läßt vermuthen, daß in den einzelnen Theilen

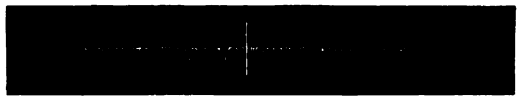


Fig 6.
Spectrum eines Nebelfleckes im Drachen.

dieser ungeheuer ausgedehnten Masse, welche Barnard auf der Lickstern-warte in seinen photographischen Aufnahmen über 40 Grade dieses herr-lichsten Sternbildes beider Hemisphären ausgebreitet fand, verschiedenartige Wirbelbewegungen die Oberhand gewonnen haben mögen, wodurch, bei einer theilweisen Deckung und Kreuzung der Bewegungen, die sehr unregel-mäßige Figur dieses Nebels veranlaßt werden mag.

Aber wenn beim Orionnebel noch Zweifel gestattet sind, so kennen wir andere Nebel, die zum Theil sicher bereits in einen festen oder wenigstens flüssigen Zustand übergegangen sind, und die nun neben den drei Licht-linien der echten Nebel, ein, wenn auch lichtschwaches und nur bei sehr durchsichtiger Luft sichtbares, zusammenhängendes Farbenband zeigen. Zu ihnen gehört ein kleiner, aber verhältnißmäßig stark glänzender Nebel-fleck im Sternbilde des Drachen, dessen beistehend abgebildetes Spectrum (Fig. 6) Huggins im August 1864 beobachtete. Für die näheren Um-stände, unter denen sich solche Umwandlungen vollzogen haben und voll-ziehen, sind wir vorläufig auf Vermuthungen angewiesen, aber es liegt in der menschlichen Natur, sich solchen Träumereien hinzugeben, selbst auf die Gefahr hin, später eines Bessern belehrt und mannigfacher Irrthümer über-führt zu werden.

Schon aus den wechselnden Formen der Nebelwelten selber, wie noch mehr aus der inneren Verarbeitung der daran sich knüpfenden Schlüsse geht hervor, daß bei der allmäligen Verdichtung selbst der anfänglich ähn-lichen Nebelmassen sehr verschiedenartige Sternsysteme daraus hervorgehen können. Es wird hierbei unter andern z. B. darauf ankommen, ob die

Nebelmasse schon als solche eine gleichmäßig bis in ihren innersten Kern herabsteigende Wirbelbewegung empfangen hat, und ob diese langsamer oder schneller war, wobei sie sich in dem Maße beschleunigen muß, in welchem sich das ganze Gebilde auf einen geringeren Durchmesser zusammenzieht. Wir werden den Gesetzen dieser Beschleunigung später noch näher zu treten haben, wenn wir von der Planetenbildung sprechen; hier mag es genügen, eines Versuches zu gedenken, welcher diese Beschleunigung der Rotation sehr augenfällig zeigt. Wenn wir einen kleinen Ring inmitten einer etwa fußlangen Schnur zwischen beiden Händen im Kreise schwingen lassen, so können wir die Schwingungsbahn einfach dadurch verengern, daß wir die Hände plötzlich so weit als möglich von einander entfernen. In demselben Augenblicke beschleunigt sich die Rotationsbewegung des Ringes außerordentlich. Diese Beschleunigung muß aber früher oder später, wenn die Anfangsbewegung nicht gar zu langsam war, in der Nähe des Aequators der Nebellinse zur Ablösung von Nebelringen führen, da diese Theile schneller bewegt sind als alle anderen, also zu Erscheinungen im Großen, wie wir sie im kleineren, wenn auch immerhin noch sehr ansehnlichem Maßstabe, am Saturn beobachten, nur daß hier aus den bei der weiteren Zusammenziehung zurückgelassenen äußern Ringen keine Monde oder Planeten, sondern Sonnen oder Fixsterne entstehen. Unser Planetensystem muß uns als Miniatur- und Lehrbild, als der wahre Mikrokosmos des Makrokosmos dienen, nach welchem wir auch die Entstehungsweise des letzteren zu begreifen versuchen können. Die Nebelverdichtungen konnten indessen in einer vielfach von einander abweichenden Weise erfolgen und es läßt sich darin eine viel größere Mannigfaltigkeit als in unserem Planetensystem erwarten.

Wenn z. B. ein Nebel nur eine seichte und langsame Oberflächenbewegung im Anbeginne empfangen hat, so wird er erst sehr spät, nachdem schon der größte Theil seiner Masse sich zu einem Kerne (Centralsonne) verdichtet hat, dahin gelangen, in Folge der Beschleunigung seiner Rotation äquatoriale Nebelringe abzuschleudern, aus denen sich zahlreiche Sterne bilden. Aus sehr großer Entfernung wird ein solches System als Nebel um einen sehr gewaltigen Kern erscheinen, als ein sogenannter Nebelstern. Ein Nebel mit einer etwas stärkeren Anfangsrotation wird zwar im Anfange wenig, aber allmälig mehr Sternzonen am Umfange zurücklassen, und ein linsenförmiges System aus sehr vielen, gegen das Centrum dichter stehenden Sternschichten erzeugen. Ein sehr ausgedehnter Nebel endlich, dessen ursprüngliche Rotation seine gesammte Masse ergriffen hat, kann eine Schwungkraft erlangen, um fast seinen gesammten Inhalt an Weltbaustoff weitab von seinem Mittelpunkte zurückzulassen, und während, wie bei den Ringnebeln (Fig. 1, e und g), die Zusammenziehung fortschreitet, werden seine Ringe zerreißen, und sich zu Sternen verdichten, die ein ringförmiges System bilden, ähnlich dem in der Leyer, oder ähnlich unsrem eigenen Fixsternsystem, dessen Sterne sich hauptsächlich in dem Milchstraßenringe zusammendrängen.

Eine noch größere Beschleunigung kann möglicherweise zu der sternspiraligen Zerstreuung der Massen führen, von der sich mehrere ausgezeichnete Beispiele am nördlichen und südlichen Himmel finden. (Vergl. Fig. 1 bis 4.)

An mondscheinfreien Herbst- und Winterabenden ist es uns vergönnt, mit bloßem, unbewaffnetem Auge einen linsenförmigen Nebelfleck am nördlichen Himmel zu beobachten, der das Schauspiel eines ganz, oder doch nahezu vollendeten Sternsystems der zweiten Klasse darbietet. Ich meine den Nebelfleck im Sternbilde der Andromeda, den ersten, der überhaupt am nördlichen Himmel entdeckt worden ist. Der ehemalige Musikus Meyer aus Gunzenhausen, welcher sich später als Hofmathematikus des Markgrafen von Culmbach Simon Marius schrieb, der Nämliche, welcher auch die Jupitersmonde neun Tage vor Galilei gesehen, bemerkte am 15. Dezember 1612 am

Fig. 7.
Nebelfleck in der Andromeda.

Gürtel der Andromeda einen „Stern, wie er noch keinen gesehen". Er gleiche, meinte er, dem am Rande verwaschenen Schimmer einer fernen Lichtflamme, welche durch eine halbdurchsichtige Hornscheibe, wie man sie sonst zu Laternen brauchte, gesehen wird. (Fig. 7.) Da es den Wenigsten beschieden ist, teleskopische Nebelflecke zu sehen, so ist die mit Hilfe des beistehenden Kärtchens (Fig. 8) sehr leichte Aufsuchung dieses dem bloßen Auge sichtbaren Nebelfleckes Jedem zu empfehlen. Man findet ihn dicht neben dem Gürtel der Andromeda, in Gestalt eines Weberschiffchens, oder einer in der schmalen Ansicht gesehenen Linse, mit gegen die Mitte sehr verstärktem Lichtschimmer. Bei Anwendung eines Opernglases wird man leicht das Treffende des Marius'schen Vergleiches erkennen, und auch die Meinung Derham's verstehen, der in seiner Astro-Theologie die Nebelflecke als Ritzen und gleichsam fadenscheinige Stellen des Firmamentes, durch welche die Klarheit des außen dahinter befindlichen Feuerhimmels (Empyreum), des Aufenthalts der Seligen, hindurchschimmere, ausgeben wollte.

Dieser Nebelfleck hat lange den Bemühungen der Sternkundigen, eine Auflösung zu bewirken, getrotzt. Erst im Jahre 1848 glückte dem Astronomen George Bond zu Cambridge bei Boston der Versuch theilweise, er zählte über 1500 Sterne, ohne daß es ihm gelang, auch den Kern, der immerfort eine gleichmäßige Helligkeit behielt, in Lichtpunkte zu zerlegen. Das Spectroscop hat aber wahrscheinlich gemacht, daß wir es hier mit einem vollendeten Sternhaufen zu thun haben, dessen Theile bereits einen flüssigen Kern besitzen, von dem übrigens durch dunkle Zonen getrennte Sternzüge in ähnlicher, spiraliger Anordnung ausgehen, wie die Nebelmassen in Figur 1 f und g. Möglicherweise enthält die Mitte eine Centralsonne von

Fig. 8.
Kärtchen zur Aufsuchung des Andromeda-Nebels.

ungeheurer Ausdehnung. So lange dieser Proceß der Verdichtung zu flüssigen Kugeln in den einzelnen Theilen noch nicht vollendet ist, werden wir unter Umständen ein doppeltes Spectrum erwarten können, ähnlich dem in Fig. 6 abgebildeten.

In den Zeiten lebhafteren Gedanken-Austausches über die Nebelflecken glaubten einige Astronomen schon in der Zeitspanne, während welcher ihr Augenmerk auf dieselben gerichtet gewesen war, Veränderungen im Umriß und in der Lichtvertheilung, Streifenbildungen und Aehnliches wahrgenommen zu haben, wie man die Eier unter der Henne wegnimmt und gegen die Sonne gehalten, den Fortschritt der Küchleinbildung zu errathen sucht. Es bedarf des Hinweises kaum, daß Weltembryonen zu ihrer Entwicklung eine lange Zeit beanspruchen müssen, daß von einer Beobachtung des fortschreitenden Ganges an einer und derselben Welt schwerlich sobald die Rede sein dürfte. Verschiedenheit der Instrumente und Wechsel der Durchsichtigkeit unsrer

Atmosphäre, welche letztere mitunter Einzelnheiten der Gestalt hervortreten läßt, welche zu andern Zeiten verborgen bleiben, dürften die hauptsächlichsten Ursachen solcher Wahrnehmungen sein. Es ist wahrscheinlich, daß sich längst die sämmtlichen Sterne unsres Firmamentes zu neuen Bildern und Gruppen gefügt haben werden, ehe ein heute noch als Gas erscheinender Nebel die ersten Andeutungen einer Auflösung in gesonderte Welten erblicken lassen wird.

Die zerlegbaren Nebel zeigen oft eine außerordentliche Sternenzahl, die sich nur durch Ueberzählung eines kleinen Ausschnittes daraus schätzen läßt. Arago hat zum Beispiel auf diesem Wege die Gesammtzahl eines derartigen Schwarmes auf zwanzigtausend sichtbare Sterne berechnet, eine Angabe, deren Wucht erst begreiflich wird, wenn man sich erinnert, daß das unbewaffnete Auge am nördlichen und südlichen Sternhimmel nicht mehr als im Ganzen sechstausend Sterne zu zählen vermag, welche Zahl freilich im Fernrohr außerordentlich zunimmt. Natürlich müssen wir annehmen, daß sehr zahlreiche Angehörige eines Sternhaufens unseren Blicken verborgen bleiben. Zugleich verschwindet aber beim Anblicke dieser entfernten Weltsysteme jene Regellosigkeit der Anordnung, die wir gewiß zum größten Theile, durch die Wirkungen einer unverständlichen Perspective getäuscht, in unserem eigenen Sternsystem wahrzunehmen glauben. In der Weltallsperspective, aus welcher wir die fernen Sternhaufen überblicken, ist diese Regellosigkeit meist einer scheinbar sehr vollständigen Regelmäßigkeit gewichen; man bemerkt höchstens gegen die Mitte eine zunehmende Dichtigkeit in der Vertheilung, die eben eine Wirkung der Perspective sein mag. Deshalb zeigen auch Sternhaufen, vielen echten Nebeln entsprechend, eine gegen die Mitte zunehmende Helligkeit, was zur Vermischung dieser beiden Gattungen von kosmischen Massen nicht unwesentlich beitragen mußte. Wenn wir uns den Zwischenraum zweier auf einandergepaßten großen Uhrgläser mit leuchtendem Seewasser gefüllt denken, wobei die gleichmäßig in demselben vertheilten mikroskopischen Leuchtthiere, etwa die Leuchtbazillen des Milchmeeres, die Sterne dieses kleinen Weltbildes oder Mikrokosmos vorstellen sollen, so würde ein außerhalb des Glases befindliches Auge in jeder Stellung des Behälters die größte Helligkeit in der Nähe des Mittelpunktes wahrnehmen, weil dort, auch bei gleichmäßiger Vertheilung, wegen der Dicke der Schicht die meisten Lichtpunkte nebeneinander auftreten müssen. Ein im Mittelpunkt des Gefunkels befindliches Auge hingegen, würde die größte Helligkeit in einem die Linse umgürtenden Ringe, einem Seitenstück der Milchstraße, gesammelt erblicken. Von entsprechenden Gesichtspunkten aber beschauen wir einerseits die fremden Sternenwelten und andrerseits unsre heimathliche und daraus ergiebt sich leicht der bei jenen gegen die Mitte und bei dieser gegen den Rand hin verstärkte Lichtschimmer, den das Fernrohr und die Himmelsphotographie überall in ein überwältigendes Sternengewimmel auflösen (Vergl. Fig. 9), in welchem Sterne unter der neunten Größe in der Mehrzahl sind und

demgemäß am meisten zu dem milchartigen Schimmer beitragen. Es unterliegt nach den einzelnen Beobachtungen keinem Zweifel, daß wir uns in diesem Ringe, dessen Sternenzahl auf 18 Millionen geschätzt wird, während außerhalb dieser Zone nur etwa 2 Millionen Sterne berechnet werden, uns näher dem Mittelpunkte als dem Umfange befinden, aber jedenfalls etwas excentrisch, näher dem helleren Theile der Milchstraße in der Richtung auf Schwan und Adler unsere Heimathsprovinz haben. Demgemäß erscheint uns in dem dieser Region gegenüberliegenden Theile die

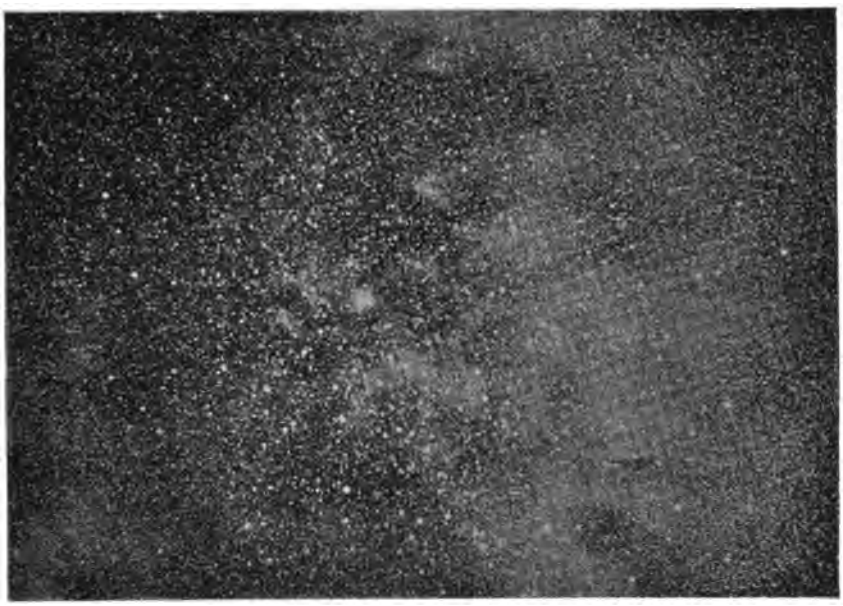


Fig. 9
Milchstraßen-Gegend um den Mittelstern (γ) des Schwans. Nach einer Aufnahme von Max Wolf in Heidelberg. (1894.)

Milchstraße am schmalsten und mattesten, weil wir von dort bedeutend weiter entfernt sind, und dort befinden sich auch jene sternlosen, um den Südpol kreisende Stellen, die man als Kohlensäcke bezeichnet, und die von südamerikanischen Indianern als die Eingangsfenster in unsere Welt bezeichnet werden, durch welche alle Dinge unserer Welt hinein- und herauskommen. Auch der Nordhimmel zeigt solche sternlosen Stellen und Streifen, in denen die photographische Platte trotz ihrer weit über die des menschlichen Auges hinausgehenden Empfindlichkeit, auch nach längster Wirkung keine Lichtspuren mehr verräth. Außerhalb der Milchstraße, die bei den klassischen Völkern der alten Welt, wie auch bei vielen Indianervölkern der neuen, als der Weg der Seligen gilt, kreisen, wie ein paar

losgerissene Stücke derselben, um den Südpol jene großen Lichtwolken, die man nach ihrem ersten Schilderer (Magelhaens) die Magellanischen Wolken zu nennen pflegt, zwei Welten-Archipele, in denen nach John Herschels begeisterter Schilderung allein auf die größere Wolke ca. 600 Sterne, 46 Sternhaufen und 291 Nebelflecke kommen.

Erscheint nun auch die Milchstraße von unserem Standpunkte aus etwas unregelmäßig und nicht völlig als größter Kreis am Himmelsglobus, so führen doch alle Betrachtungen dazu, der von ihr umgrenzten Sternenwelt eine ähnliche ring-, linsen- oder schneckenförmige Grundform zu geben, wie wir sie so häufig schon in den echten Nebeln vorfinden, und die wir allerdings als die Urformen solcher Sterngebäude anerkennen müssen. Ob in dieser unserer inneren Sternenwelt, deren Herrlichkeit jede klare Nacht vor unsern Augen ausbreitet, und in welchem unsre Wohlthäterin, die Sonne, sich nur als mittlerer Stern unter kleineren und größeren bewegt, der in ihrer Linsenform ausgedrückte, allgemeine Umschwung um eine gemeinsame Centralsonne, oder um einen unbesetzten Schwerpunkt stattfindet, ob sich außer den Planeten-, Doppelstern- und ähnlichen Gestirnsystemen noch größere Strudel in dem gemeinsamen größten bewegen: darüber läßt sich vorläufig mehr vermuthen, als sicheres ausmachen. Man hat die Achse unseres Weltrades eine Zeit lang in den Plejaden gesucht, dann im Sirius, aber die Aufgabe ist so verwickelt, daß man bisher keine größere Sicherheit erlangen konnte und eine annähernde Vorstellung von der Dauer eines solchen Umschwunges, von dem schon die Alten fabelten, nicht besitzt. Nur das war längst durch Beobachtungen erhärtet, daß die Fixsterne ihre scheinbare Stellung gegeneinander in geschichtlicher Zeit verändern, daß die Bilderschrift des Firmamentes, mit der sich die einander verborgenen Gedankenherde der Welt deutend beschäftigen, mit den Jahrtausenden andere Züge gewinnt, und daß der Polarstern (bei den Alten der unwandelbare Thron der Götter) seinen bevorzugten Platz am wenigsten behauptet. Der glänzende Sirius hat seit den Tagen der Erbauung Roms seinen Ort am Himmel um mehr als anderthalb Vollmondsbreiten geändert, Arctur um eine doppelt so große Entfernung, und der uns nächste aller genauer bestimmten Fixsterne, Alpha, im südlichen Sternbilde des Centauren, um fünf Vollmondsbreiten. Die stärkste Jahresbewegung wurde bisher an einem Sterne der 7. Größe (Nr. 1830 des Groombridge-Catalogs) festgestellt, die genau 7 Bogensekunden beträgt, aber Kapteyn in Groningen wies 1897 an einem Sterne des Südhimmels von 8. bis 9. Größe eine noch größere Jahresbewegung (8,8 Bogensekunden) nach, infolge deren dieser Stern im Jahrhundert seinen Ort fast um den halben Monddurchmesser am Himmel ändert. Es begreift sich leicht, daß diese Verschiebungen der einzelnen Sterne gegeneinander, auch wenn sie in unregelmäßigem oder entgegengesetztem Sinne stattzufinden scheinen, nichts gegen einen allgemeinen und gleichartigen Umschwung des Sternenheers unserer inneren Welt um einen gemeinsamen Mittelpunkt beweisen.

Die Geschwindigkeit dieses Umschwunges ist möglicherweise eine sehr große. Nimmt man mit Herschel an, daß das Licht der äußersten Milchstraßensterne zweitausend Jahre gebrauche, um zu uns zu gelangen, so können wir ihren Umfang darnach schätzen. Ein Stern, der sich mit einer Geschwindigkeit von sechstausend Seemeilen in der Minute bewegt, ungefähr wie Arctur, müßte fünfzig Millionen Jahre zu einem einzigen Umlauf in diesem Kreise gebrauchen, ein Stern von dreimal geringerer Geschwindigkeit, ähnlich derjenigen unserer Erde, gar hundertfünfzig Millionen Jahre! Unsere Sonne, die dem Centrum erheblich näher steht, würde unter denselben Geschwindigkeits-Verhältnissen immerhin zwei bis fünf Millionen Jahre zu einem einzigen Umlaufe gebrauchen, und daraus erklärt sich einerseits, daß wir uns Jahrhunderte lang nach demselben Punkte des Fixsternhimmels zu bewegen scheinen, andererseits die Langsamkeit, mit der sich seine Sternbilder verändern. Die Bewegungen unserer Sonne mit ihrer ganzen Familie von Planeten, Monden und Kometen erweist sich nach vieljähriger Beobachtung als mit einer Geschwindigkeit von 25 Kilometer in der Sekunde oder 800 Millionen Kilometer im Jahre gegen einen Punkt im Herkules gerichtet. Genauere Ergebnisse in dieser Richtung wird erst die Einbeziehung der Nebelflecken-Bewegung außerhalb unseres Sterngebäudes und die Berücksichtigung unserer gegenwärtigen genaueren Sternkarten bringen. Unmittelbare Beobachtungen über gleichförmige Bewegungen weiter entfernter Sterne liegen nur in einzelnen Fällen vor. So hat F. Höfler in Zürich in jüngster Zeit ermittelt, daß die 4 hellsten Sterne des großen Bären, die zur zweiten Größe gerechnet werden, sich mit gleicher Geschwindigkeit (von ungefähr 30 km in der Sekunde) auf uns zu bewegen, und damit ihre Entfernung von uns im Jahr um $6^1/_2$ Sonnenfernen vermindern. Allerdings wird ihre Entfernung von uns auf $12^1/_2$ Millionen Sonnenfernen geschätzt, so daß ihr Licht erst nach zwei Jahrhunderten zu uns käme, aber die gleichartige Bewegung dieser auf 40 Siriusgrößen geschätzten Kolosse, deren äußerste Genossen selbst um 4 Millionen Sonnenfernen auseinanderstehen, ist äußerst beachtenswerth für die Annahme gleichmäßiger Bewegungen in unserer inneren Welt. Schon früher war übrigens festgestellt worden, daß auch die Gestirne unserer anderen Gruppen und Sternbilder, wie namentlich diejenigen der Plejaden und Hyaden, nahezu gleiche Größe und Richtung ihrer jährlichen Eigenbewegung zeigen.

Was die Sonderbewegungen der einzelnen Sterne betrifft, so wurde zuerst diejenige der umeinander kreisenden Doppelsterne, denen sich einige drei- und mehrfache Systeme anreihen, erkannt. Sie gewähren oft einen entzückenden Anblick durch eine verschiedene, manchmal komplementäre Färbung der einzelnen Sterne, wie z. B. des Drillingssterns Gamma in der Andromeda, dessen Glieder roth, grün und blau sind. Die Ursache dieser etwa bei einem Fünftel aller mehrfachen Sterne vorkommenden Farbenungleichheit ist um so räthselhafter, als bei der Mehrzahl der Doppelsterne

beide Genossen gleichfarbig sind; die Versuche, sie aus den unter einander verschiedenen chemischen Bestandtheilen, oder physikalischen Bedingungen (verschiedene Hitze) zu erklären, sind ebenso unbefriedigend, als wenn man sie einer bloßen Augentäuschung oder Contrastwirkung zuschreibt, oder das Doppler'sche Prinzip zu Hilfe ruft, nach welchem der eine Stern, der sich uns nähert, seine Aetherwellen beschleunigen, der andere sie verlangsamen sollte. Einen großen Triumph, ähnlich dem der Neptuns-Entdeckung, erlebte die rechnende Astronomie in der Erkennung mehrerer der hellsten Sterne unseres nördlichen Himmels als Doppelsterne, obwohl ihre Begleiter so schwach leuchtend sind, daß sie zunächst nicht wahrgenommen werden konnten. Schon Bessel hatte 1844 die Ueberzeugung ausgesprochen, daß Sirius und Procyon, die beiden hellsten Sterne des großen und kleinen Hundes, nach ihren Bewegungen Doppelsterne sein müßten, vielleicht einen ganz dunklen Begleiter hätten. In der That entdeckte der Optiker A. Clark in Cambridge (V. St.) 1862 mit seinem für Chicago gebauten neuen Riesenfernrohr den Begleiter des Sirius als einen Stern unter der achten Größe, der nach Auwers' Berechnung in 49 Jahren einmal den Sirius umkreist. Die beiden Sterne stehen 37 mal weiter als Erde und Sonne von einander, und der unscheinbare Begleiter des Sirius hat gleichwohl mehr Masse als unsere Sonne, während der Sirius doppelt so groß wie er ist. Der Procyon-Begleiter, für den Auwers eine Umlaufszeit von 40 Jahren berechnet hatte, wurde erst 1897 von Schäberle mit dem Riesenfernrohr der Lickternwarte als Sternchen 13. Größe und in einem Abstande von $4^1/_2$ Bogensekunden vom Hauptsterne entdeckt.

Man hat in neuerer Zeit die Abstände vieler Fixsterne nach ihrer jährlichen Parallaxe, d. h. nach dem Winkel, unter welchem die halbe große Axe der Erdbahn von dem betreffenden Fixstern aus erscheint, gemessen, und diese Entfernungen nach mittleren Sonnenfernen (ca. nahezu 20 Millionen Meilen), nach Sternweiten (4 Billionen Meilen) oder Siriusweiten von etwas über eine Million Sonnenweiten angegeben. Es sind im Ganzen selbst für die Phantasie unfruchtbare, weil unvorstellbare Zahlen, die noch am ersten auf Lichtjahre berechnet, d. h. auf die Zeit, in welcher ihr Licht zu uns gelangt, eine Vorstellung ergeben. Es mag genügen, wenn wir, um eine Ahnung von der Weite dieser Räume zu erwecken, darauf hinweisen, das das Licht, welches von der Sonne in etwa 8 Minuten Kunde bringt, drei oder nach neueren Messungen gar vier Jahre braucht, um von dem uns nächsten Fixstern (Alpha im Centauren), und zwölf, achtzehn und achtundsechzig Jahre, um die neuesten Posten von Wega, Sirius oder Capella in unser Auge resp. in die Spektroskop-Station zu liefern. Nach Herschels Annahme giebt es nicht nur Nebelwelten, sondern auch sichtbare Sterne, deren Licht erst nach mehreren Jahrtausenden zu uns käme. Der ungeheure Raum dieser Lichtreisen, welcher von der Milchstraße begrenzt wird, und von dem die erwähnten Entfernungen nur

Theilstrecken ausmachen, muß also gleichmäßig von einem dünnen Gase erfüllt gewesen sein, als unsre Welt vor Aeonen noch eine Nebelwelt war, wie die Hunderte und Tausende derselben, die wir durch ihre Lücken und Fenster erblicken. Der Embryo jedes Sternes bildete zunächst, nachdem sich diese Masse durch Vorgänge, wie wir sie bei der Planeten-Entstehung noch genauer kennen lernen werden, getheilt, eine wiederum linsenförmige, dichtere Gasmasse. Je nachdem sie größer oder kleiner ausgefallen war, wird der Abkühlungs- und Verdichtungsproceß in ihr langsamer oder schneller fortgeschritten sein, so daß wir demnach sehr verschiedene Entwickelungsstufen unter den einzelnen Sternen desselben Systems nebeneinander erwarten können.

Schon Huggins und Secchi hatten nach der Verschiedenartigkeit ihres Lichtes die Sterne, unter welchen, wie es sich gehört, denen erster Größe die Hauptaufmerksamkeit zugewendet wurde, in mehrere Klassen getheilt, deren spectralanalytisches Signalement wir in Figur 10 vor uns sehen. Der englische Astronom Norman Lockyer hat sodann an diese Verschiedenartigkeit die Hypothese geknüpft, daß die einzelnen Klassen oder Typen als Entwicklungsstufen zu betrachten sein möchten. Das Spectrum der Sonnen oder Fixsterne unterscheidet sich sehr wesentlich von dem der unauflösbaren Nebelflecke dadurch, daß es einen regenbogenfarbigen, mehr oder weniger zusammenhängenden Streifen bildet. Derselbe bietet den Beweis, daß bei ihnen bereits ein weißglühender flüssiger oder fester Kern sich gebildet hat, der von einer ausgedehnten Gashülle umgeben ist. Die chemischen Bestandtheile dieser letzteren verrathen sich durch Schattenlinien oder Streifen, welche den Farbenstreifen quer durchschneiden, und dieselben Stellen einnehmen, an denen bei gleicher Zusammensetzung der Gashülle im selbstleuchtenden Zustande farbige Lichtlinien auftreten würden. Das heißt mit anderen Worten: gasförmige Massen verschlucken von dem, sämmtliche Lichtwellenarten enthaltenden Lichte weißglühender Körper, wie hier der Sternkerne, alle diejenigen, die sie selbst im glühenden Zustande ausstrahlen würden. Es ist somit nicht schwer, an diesem in dem Spectrum hellerer Sterne, wie in demjenigen der Sonne, deutlich erkennbaren und nach ihrem Entdecker Fraunhofer benannten Schattenlinien deutlich die chemischen Bestandtheile der Sternatmosphären zu erkennen.

Nun blieb es auffallend, daß in dem Spectrum der am hellsten leuchtenden, weißen und bläulichen Sterne, unter denen als Typus Sirius betrachtet werden kann, eigentlich nur die Linien des Wasserstoffs, d. h. des leichtesten und dünnsten Stoffes, den wir kennen, mit einiger Deutlichkeit auftreten, während die Gegenwart anderer Stoffe sich kaum andeutet. Da man physikalische Gründe hat, diese hellsten Sterne auch für die heißesten zu halten, so ist das sehr sonderbar, weil man grade bei ihnen fast sämmtliche Bestandtheile in dampfförmiger Gestalt vermuthen durfte. Die weißen oder bläulichen Sterne von Secchis erster Gruppe sind neuerdings von

Vogel, Scheiner und Andern in drei Untergruppen getheilt worden, je nachdem sie, wie die meisten Orionsterne (Orioniden), vorwiegend Helium- oder Wasserstoff- oder auch Eisenlinien erkennen lassen. Bei einer zweiten Gruppe, den Sternen mit gelblichem Lichte, zu denen Arcturus, Capella, Procyon und unsere Sonne gehören, erscheinen, fast dem abnehmenden Helligkeitsgrade entsprechend, mehr und mehr von den übrigen in unsern Laboratorien als Grundbestandtheile der Erde und der Meteorsteine erkannten sogenannten chemischen Elementen und zwar so, daß die leichtesten und leichter flüchtigen Metalle, wie Natrium, Calcium, Magnesium u. s. w., am stärksten auftreten, worauf die schwerer flüchtigen, wie Eisen, Kupfer, Silber, Platin u. s. w. allmälig nachfolgen. In der Sonnen-Atmosphäre ist bereits die Mehrzahl der auf der Erde vorkommenden Elementarstoffe nachzuweisen, während in derjenigen des Sternes Capella, der gewissen Messungen zufolge in einem Tage soviel Licht ausstrahlen soll, wie die Sonne im Laufe eines Jahres, noch sehr viele derselben fehlen. Während in der Atmosphäre dieser Sterne, deren Temperatur immerhin mehrere tausend Grade betragen muß, noch kaum eine Andeutung von dem Vorhandensein chemischer Verbindungen merkbar wird, finden sich dieselben reichlich und beständig bei einer dritten Gruppe noch weniger heißer, meist röthlich erglänzender Gestirne, zu denen unter den Sternen erster Größe Beteigeuze im Orion, Antares im Skorpion u. a. gehören. Die Zahl der Linien unverbundener Metalle ist sehr vermindert und auch diejenigen des freien Wasserstoffs fehlen meistens, weil derselbe sich mit Sauerstoff zu Wasserdampf verbunden hat. Bei dem Durchdringen der dicken Dämpfe dieser Verbindungen gewinnt das Licht die düsterröthliche Färbung, welche diese Gestirne besitzen und das Spectrum zeigt breite Schattenstreifen, namentlich in den nichtrothen Theilen, eben wegen der größeren Lichtverschluckung der andersfarbigen Theile durch die Dampfhülle, etwa wie die Sonne durch Nebel gesehen, düster roth erscheint. Immerhin schließt Scheiner in Potsdam aus dem auf den einzelnen Fixsterngruppen verschiedenen Verhalten der Magnesiumlinien, daß die Temperatur in der Lichthülle der Sterne des dritten Typus, wie Beteigeuze im Orion noch derjenigen des elektrischen Bogens (3 bis 4000°) gleichkommen müsse, daß sie höher sein müsse auf den Sternen des zweiten Typus, zu denen die Sonne gerechnet wird, aber dort doch nicht die Temperatur des Funkens der Leydener Flasche erreiche, die erst bei den Sternen des ersten Typus, diese Höhe von ca. 15000 Grad aufweise. Die Magnesiumlinien erscheinen dort sehr verbreitert. In der Stufenfolge der weiteren Abkühlung kosmischer Massen würden hierauf zunächst diejenigen folgen, in deren Atmosphäre gar kein unverbundener Metalldampf oder freier Wasserstoff mehr vorkömmt, die durch den Zustand unsrer Erde und der meisten Planeten, unter denen gleichwohl einzelne der größeren noch sehr heiß und vielleicht selbstleuchtend sein mögen, vertretene Stufe. Da mit der Kleinheit der abgesonderten Massen der

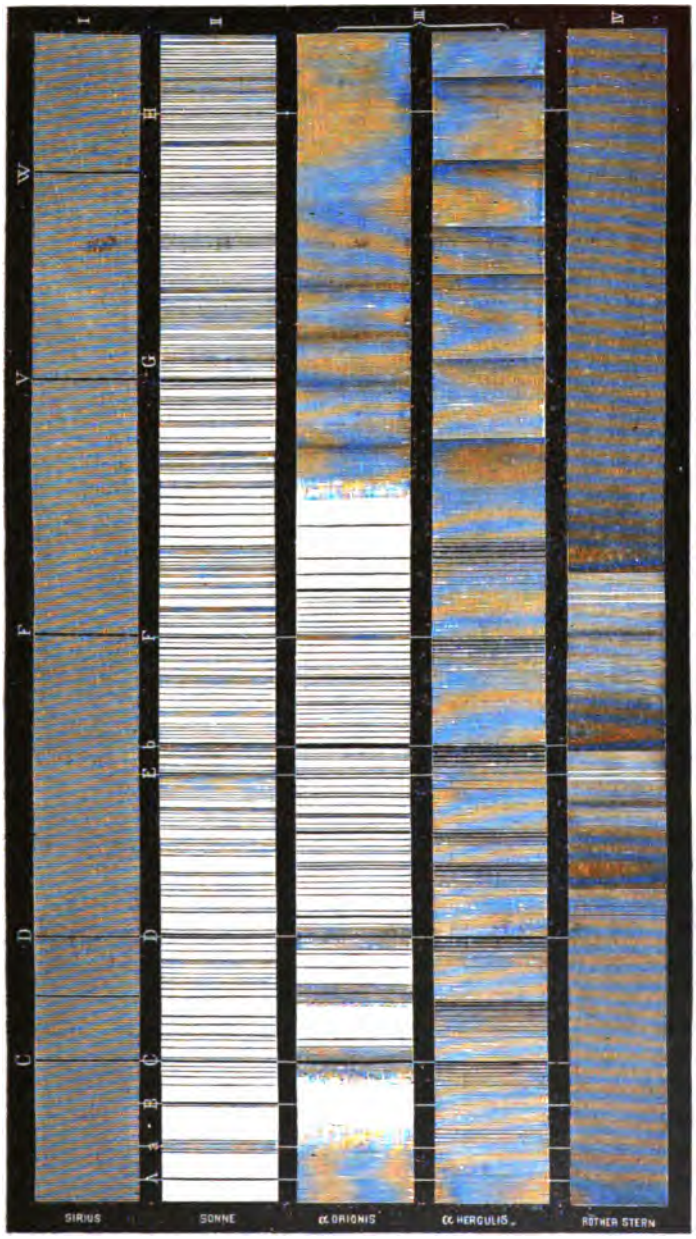


Fig. 10.
Fixsterntypen nach Secchi.
Die Fortsetzung der Hauptlinien durch die Spectra der verschiedenen Sterne hindurch giebt einen augenfälligen Beweis von der Gleichartigkeit der Grundstoffe durch den gesammten Weltraum. Während die einzelnen Linien den sogenannten Elementen entsprechen, gehören die Gruppen und Schattenstreifen (Banden) den Verbindungen der Elemente untereinander an.

Abkühlungsvorgang entsprechend beschleunigt wurde, so werden wir als nächstfolgende Stufe den Zustand des Mondes betrachten können, bei welchem auch der Wasserdampf und mit ihm alle Spuren einer Atmosphäre verschwunden sind, vermuthlich aufgesaugt von der inneren Masse des hinreichend erkalteten Gestirnes. Man kann voraussetzen, daß bei einer hinlänglichen Erkaltung des noch flüssigen Erdinnern auch von diesem zuletzt alle Feuchtigkeit und die gesammte Atmosphäre ebenso aufgesaugt werden dürften, während erstere zur Zeit bei jeder Berührung mit dem Innern in heftige Erschütterungen hervorrufende Dämpfe verwandelt wird.

Wenn man nun umgekehrt den Mond von innen aus anheizen könnte, so würden zunächst Wasserdampf und Gase aus demselben hervorbrechen, und zum Theil an der Oberfläche verdichtet, wieder eine Wasser- und Lufthülle bilden. Das ist der Zustand, in welchem das Gedeihen einer Lebewelt, wie die unsrige, allein möglich erscheint. Könnte man nun immer weiter erhitzen, daß auch die äußerste Kruste allmälig wieder schmölze, so würden sich, wenn dieselbe zu glühen anfinge, der Atmosphäre reichliche Mengen Wasserdampf, Kohlensäure und verschiedene metallische Verbindungen beimengen, mit einem Worte, es würde sich, sobald der Kern zum Glühen gelangte, die Atmosphären-Beschaffenheit der düsterrothen Sterne herstellen. Aus den Erfahrungen unserer chemischen Laboratorien aber wissen wir, daß eine zu hohen Graden gesteigerte Temperatur im Stande ist, die Wirkung der chemischen Anziehungskraft, welche die verschiedenen Stoffe veranlaßt, sich miteinander zu verbinden, erfolgreich zu bekämpfen, so daß mit ihrer Hülfe jede zusammengesetzte Substanz in ihre Bestandtheile zerlegt werden kann. Man nennt dies erst vor einigen Jahrzehnten als allgemeines Naturgesetz erwiesene Verhalten die Dissociation (Auseinanderlösung) der Stoffe durch die Wärme. Es würde also nur einer entsprechend gesteigerten Temperatur, vielleicht nicht viel höher als die höchsten Hitzegrade, die wir in unseren Schmelzöfen und physikalischen Laboratorien erzielen, bedürfen, um dem Wasserdampf und alle zusammengesetzten Stoffe, die wir in der Atmosphäre der rothen Sterne gewahren, auf den Elementarzustand zurückzuführen, in welchem sie sich auf den Gestirnen der zweiten Gruppe befinden, für welche die Chemie noch eine unnütze, schlummernde Wissenschaft ist.

Lockyer glaubt nun, daß man die Fortsetzung der Processe, die wir in unseren Laboratorien hervorzurufen im Stande sind, in den Himmelsräumen weiter verfolgen könne. Seine vergleichenden Beobachtungen über die fortschreitende Zahlverminderung der Elementarstoffe in den heißeren Gestirnen, wobei die dichteren Metalle zuerst verschwinden, leiteten ihn zu der Vermuthung, daß auch die siebzig bis achtzig Stoffe, welche die Chemiker nicht weiter zerlegbar fanden, und darum als die chemischen Elemente und Grundbestandtheile des Weltbaues betrachteten, durch Hitzegrade, wie wir sie freilich wohl niemals künstlich erzeugen werden, weiter zerlegt und dissociirt werden könnten, daß sie sich vielleicht nur als die verschiedenen

Verdichtungszustände eines und desselben allerdünnsten Stoffes erweisen möchten. Gestützt darauf, daß im Lichte des Sirius wie in dem der Wega und anderer sehr heller Sterne, die Linien des Wasserstoffes und Heliums mit vorherrschender Deutlichkeit auftreten, während diejenigen der Metalle kaum angedeutet erscheinen, stellte Lockyer die Hypothese auf, daß der Wasserstoff, der ja auch als ein Hauptbestandtheil der Nebelflecke nachgewiesen ist, gleichsam das Endprodukt der Dissociation der Weltstoffe, das letzte erkennbare Zeichen von dem Dasein der Materie sei, wie er ja auch der dünnste aller bekannten Elementarstoffe ist.

In späterer Zeit hat Lockyer diese Hypothese noch weiter zu stützen gesucht, indem er zeigte, daß sich das Spectrum der sogenannten Elemente ähnlich demjenigen zusammengesetzter Körper mit zunehmender Temperatur ändert, einzelne Liniengruppen schärfer hervortreten, andere verschwinden läßt, woraus er schließt, daß sogar der Wasserstoff, der Hauptbestandtheil der heißesten Sterne und der Nebelflecke, noch zusammengesetzt sei, so daß man einen noch einfachern oder dünneren Grundstoff annehmen müßte. Die dieser Aufstellung zu Grunde liegende Anschauung von der Einheit des Weltstoffes, welche schwerlich jemals durch den Versuch bewiesen oder widerlegt werden kann, wird durch mancherlei philosophische, mathematische, physikalische und chemische Gründe gestützt. Schon das anerkannte Gesetz von der Einheit der Naturkräfte, die sich demnach ineinander verwandeln können, scheint als nothwendige Gegenbedingung die Einheit des Stoffes zu fordern. Außerdem deuten gewisse Regelmäßigkeiten in den die sogenannten Atomgewichte ausdrückenden Zahlen, aus denen der russische Chemiker Mendelejeff sogar das Vorhandensein bisher unbekannter Elementarstoffe, die nachher entdeckt wurden, berechnen konnte, der Umstand, daß die Wärme-Capacität der Elementarstoffe sich dem Atomgewichte umgekehrt proportional verhält und verschiedene Analogieen unter den einzelnen Elementarstoffen, die sich bei ähnlicher Dichtigkeit oft auch chemisch ähnlich verhalten u. s. w., darauf hin, daß der Grundstoff, aus dem ihre kleinsten Theile bestehen, derselbe ist. Das allgemeine „Denken", d. h. das innere Vermögen, welches Spinoza seiner Substanz zuschrieb, äußert sich bei ihrer Verdichtung zu verschiedenen Elementarstoffen zunächst als ihre eigenthümliche chemische Kraft.

Wir haben also, diese Aufstellung zu Grunde gelegt, in den sich verdichtenden Massen der Fixsterne die Entstehung der chemischen Elemente nach der Reihenfolge ihrer Dichtigkeit zu vermuthen. Was weiter mit fortschreitender Abkühlung geschieht, können wir in unsern Laboratorien beobachten. Wenn wir eine chemische Verbindung, z. B. Queckfilberjodid, in einem Glaskölbchen so stark erhitzt haben, daß es völlig in Jod und Queckfilber zerfallen ist, was man leicht an der purpurvioletten Farbe der Dämpfe des ersteren erkennt, und läßt darauf das Kölbchen langsam erkalten, so gewinnt die durch das Trennungsbestreben der Hitze besiegte chemische

Anziehungskraft allmälig das Uebergewicht: Jod und Quecksilberdampf vereinigen sich, während die violette Färbung verschwindet, von Neuem zu Jodquecksilberdampf. So erwachen mit dem Abnehmen der Hitze auf den röthlich strahlenden Gestirnen die auf unserer Sonne noch für gewöhnlich schlummernden chemischen Anziehungskräfte, und beginnen das wunderbare Spiel, was auf den hinreichend erkalteten Planeten unter günstigen Temperatur-, Feuchtigkeits- und Besonnungs-Verhältnissen die höchsten Triumphe feiert. Auf die erste Vereinigung, aus welcher, wenn wir dieser geistreichen Aufstellung unser Vertrauen schenken dürfen, die Elementarstoffe entstanden sind, folgt eine zweite, welche die Gesammtheit der unorganischen Welt, eine dritte unter besondern gesteigerten Bedingungen, welche das Reich des Lebens darstellt. Nachdem wir so die Wandlung des Stoffes aus Zuständen, die wir nur ahnen, bis zu solchen, die wir vor uns sehen, verfolgt haben, wollen wir die Wandlungen der Form betrachten, die den eben geschilderten Vorgängen weit vorausgeeilt waren.

Es ist eine Errungenschaft der letzten Jahre, aus dem Sternspectrum noch mehr herauszulesen, als blos die Ueberzeugung, von der Gleichheit der chemischen Grundstoffe durch den weiten Weltraum und ihres Verhaltens der Wärme gegenüber, so viel dies auch für die philosophische Erfassung bedeutet, nämlich die Bewegungen der Sterne in der Gesichtslinie, gerade auf uns zu oder von uns weg. Manche Sterne, die nur eine solche, keine direkt meßbare, seitliche Bewegung haben, erschienen bisher *ruhend*, gewissermaßen als die einzigen *Fixsterne*, die diesen Namen der festgehefteten verdient hätten. Aber nach einer von *Huggins* entdeckten und besonders von *Vogel* in Potsdam ausgebildeten Methode kann man aus der Verschiebung der Linien im Sternspectrum nach dem Roth oder Violett auf Grund des sog. Doppler'schen Principes auf eine von uns weg oder auf uns zu gerichtete Bewegung des beobachteten Sternes schließen, und ihre Geschwindigkeit messen. So ergab sich, daß sich Sirius und Procyon uns in jeder Sekunde um je 16 und 9 km nähern, der Polarstern 26 km, Spica in der Jungfrau um 16, Atair, der hellste Stern im Adler, sogar um 37 km. Dagegen entfernen sich Aldebaran im Stier 49 km, Capella im Fuhrmann 24 km, Gemma in der nördlichen Krone um 32 km in jeder Sekunde von der Sonne. Erst durch Kombination der Werthe dieser in der Gesichtslinie erfolgenden mit denen der seitlichen Bewegung wird sich nun die wahre Bewegung der Fixsterne ermitteln lassen.

In jüngster Zeit hat der Amerikaner J. E. *Keeler* dieselbe spectralanalytische Methode auf die Messung der Bewegungen verschiedener Nebel angewendet. Es ergab sich dabei unter anderm, daß der Orionnebel sich mit einer Geschwindigkeit von 18 km in der Sekunde von uns fortbewegt. Diese Messung, die nur eine Fehlergrenze von 1 km besitzt, ist besonders werthvoll dadurch, daß sie den schon oben (S. 10) erwähnten nähern Zusammenhang des Orionnebels mit den Orionsternen weiter stützt, denn die

hellen Orionsterne bewegen sich mit im Durchschnitt gleicher Geschwindigkeit in derselben Richtung. Bei mehreren anderen von Kecler gemessenen Nebeln traten noch erheblich größere Geschwindigkeiten ans Licht, unter anderen solche von 48 und 65 km in der Sekunde.

Verfolgen wir nun den Entwickelungsweg der einzelnen Sternsysteme weiter. Man muß annehmen, daß die größeren Nebel zunächst in kleinere rotirende Nebelmassen zerfielen, deren jede einem Gestirnsysteme das Dasein gab. Je nach der Schnelligkeit ihrer wirbelnden Bewegung werden wir uns dabei die Entstehung eines Doppelsternsystems, eines mehrfachen Sternes oder eines Planetensystems mit mehr oder weniger im Mittelpunkt verharrendem Centralkörper zu denken haben. In vielen Fällen ist ein Doppelstern wahrscheinlich nichts anderes, als ein beginnendes Planetensystem, von dessen Hauptmasse sich erst eine einzige, wenig kleinere noch leuchtende Gestirnsmasse gelöst hat. Bekanntlich kreisen nicht nur die Planeten um die Sonne, sondern auch die Sonne um den Schwerpunkt des Systems, und unsere Sonne hat vielleicht früher einmal mit Uranus und Neptun einen mehrfachen Stern gebildet, bevor sie weitere Nachkommen hatte. Auf dieses Verhalten deutet der Umstand, daß es viele Doppelsterne mit unsichtbaren (erkalteten) oder noch leuchtenden, aber sehr schnell kreisenden Begleitern giebt. So hat Bailey auf der Bergsternwarte von Arequipa kürzlich einen Stern im Skorpion entdeckt, der einen unsichtbaren, ihn in 35 Stunden umkreisenden Begleiter hat. Zu den Doppelsternen gehören wahrscheinlich auch mehrere der veränderlichen Sterne, welche die Eigenthümlichkeit darbieten, daß sie in kürzeren oder längeren, regelmäßigen oder unregelmäßigen Perioden ihre Helligkeit lebhaft steigern, und dann wieder bis beinahe zum Verschwinden herabsetzen. Am merkwürdigsten ist darunter der Stern Algol im Medusenschilde des Perseus, welcher, wie Montanari schon 1667 erkannte und Goodricke 1782 genauer bestimmte, seine gewöhnlich den Sternen zweiter Größe nahekommende Helligkeit regelmäßig 2 Tage und 11½ Stunden unverändert bewahrt, dann innerhalb 4 Stunden auf die eines Sternes vierter Größe sinkt, und in der gleichen Zeit wieder auf die gewöhnliche Helligkeit heranwächst. Er zeigt also eine partielle Verfinsterung von achtstündiger Dauer, die schon Goodricke auf den Gedanken brachte, daß ein dunkler Körper in 2 Tagen und 20 Stunden um Algol kreise, und ihn während jener Zeit theilweise verdecke. Die Richtigkeit dieser Vermuthung wurde in neuerer Zeit durch den amerikanischen Astronomen Chandler und Vogel (Potsdam) erwiesen, und ersterer leitete aus genaueren Bahnprüfungen die Wahrscheinlichkeit ab, daß sich der öfter von seinem Gefährten (Planeten oder Mond) verdeckte Stern gleichzeitig in 130 Jahren um einen dunklen Centralkörper bewegt. Nicht ganz so klar liegt die Ursache des Verhaltens bei dem Wundersterne (Mirabilis oder Mira) am Halse des Walfisches, den Fabricius, der Entdecker der Sonnenflecken, zweimal (1596 und 1609)

auffand, und beidemal für einen neuen Stern hielt, bis er die Identität erkannte, aber nicht ahnte, daß es veränderliche Sterne giebt, die von dem Glanze eines Sternes erster oder zweiter Größe periodisch auf eine völlige Unscheinbarkeit zurücksinken und ihren Glanz später wiedergewinnen können. Argelander ermittelte, daß Mira im Mittel immer nach 331 Tagen seine größte Helligkeit wiedererlangt, die ihm einen Stern zweiter oder gar erster Größe — wie z. B. November 1779, wo er wie Aldebaran leuchtete — nahebringt, doch traten dabei oft längere Störungen ein, so daß er nicht in jedem Jahre einmal in seinem hellsten Glanze prangt und die Zeit

Fig 11.
Schema der Planeten-Bildung.

seiner größten Helligkeit auch öfter 25 Tage früher oder später als im Mittel erreicht. Vielleicht kreuzt er Meteorschwärme, die sein Aufleuchten bedingen.

Unser Sonnensystem, welches uns als Gattungsbild und Typus unzähliger ähnlicher Weltgebäude, von denen wir meist nur den Centralkörper sehen, gilt, zeigt einen weiteren Zustand einer solchen aus einer Nebellinse hervorgegangenen Welt, deren ehemaliger Umfang durch die Bahn ihres äußersten Planeten angedeutet wird. Dem deutschen Philosophen Kant muß das Verdienst zugeschrieben werden, zuerst (1754) diejenige kosmogonische Hypothese aufgestellt zu haben, welche in ihrer rein monistischen Durchführung noch heute die meisten Naturforscher befriedigt. Laplace hat mehr als vierzig Jahre später einzelne Sätze der „Allgemeinen Naturgeschichte des Himmels" von Kant, ohne seinen Vorgänger zu kennen, neu begründet und zum Theil verbessert. So weit diese Hypothese unser

Planetensystem betrifft, ist sie noch heute die beste der vorhandenen, denn die gleichartige Bewegung von mehr als 450 Planeten, Planetoiden und Monden in diesem Raume, die alle wie der Centralkörper selbst, von Westen nach Osten in nahezu derselben Zone ihren Umschwung vollenden, läßt keinen Zweifel an einem gemeinsamen Ursprung von Stoff und Bewegung aus einer in demselben Sinne bewegten Nebellinse, wie sie bereits Kant voraussetzte, aufkommen. Obwohl auch diese Theorie einzelne verwundbare Stellen besitzt, wie z. B. die rückläufige Bewegung der 4 Uranus-Monde und eines Neptun-Mondes, die auf eine Aenderung der Urbedingungen hinweist, ist sie doch unvergleichlich gefestigter als die Wirbeltheorie des Cartesius, auf die der französische Astronom Faye 1884 zurückgreifen wollte, und Helmholtz zeigte, daß sie mit der mechanischen Wärmetheorie in vollem Einklange steht. Die anfangs langsamere Bewegung der angenommenen Nebellinse mußte sich nach mechanischen Gesetzen, der fortschreitenden Verdichtung entsprechend, beschleunigen. Von Zeit zu Zeit lösten sich die Massen des äußersten Linsenumfanges unter dem Einflusse der zunehmenden Centrifugalkraft; was sich losgelöst hatte, ballte sich zu einem für sich in derselben Richtung rotirenden Nebelball zusammen, und so entstanden die Planeten, welche der sich immer weiter zusammenziehende Centralkörper in fortschreitend kleineren Entfernungen als um ihn kreisende Weltkörper zurückließ. Man kann sich diese bereits oben an einem Experimente erläuterte Erscheinung der zunehmenden Umdrehungsgeschwindigkeit leicht so verdeutlichen, daß bei der allmäligen Zusammenziehung der langsam rotirenden Nebelkugel sich jedes Oberflächentheilchen in der Richtung einer geneigten Ebene bewegt, so daß durch den Fall zum Mittelpunkte seine Bewegung beschleunigt wird. Die Geschwindigkeitszunahme ist darnach für jeden Punkt der Oberfläche gleich derjenigen, welcher bei einem direkten Falle von seinem früheren zu seinem späteren Abstande vom Mittelpunkte erreichen würde. Wenn z. B. von der Drehungs-Geschwindigkeit unseres Sonnennebels, als er sich noch bis zur Neptunsbahn erstreckte, ausgegangen wird, so wird die Geschwindigkeitszunahme, welche durch die Zusammenziehung bis zur Uranusbahn entstehen mußte, dieselbe sein, wie die, welche durch einen direkten Fall, durch den zwischen diesen beiden Bahnen befindlichen Raum erzeugt worden wäre. In der That ergiebt die Rechnung, daß die beiderseitigen Geschwindigkeiten des Neptun und Uranus ziemlich genau in diesem Verhältnisse stehen, nur ist die letztere etwas geringer, ein Umstand, der sich leicht nach der Ennis'schen Theorie (S. 4) erklärt, wenn man annimmt, daß beständig ein Theil der äußeren Geschwindigkeit durch Reibung gegen den langsamer bewegten Theil der inneren Sonnenmasse verloren gehen mußte.

Man findet ferner durch Rechnung, daß jene Beschleunigung der Umdrehungsgeschwindigkeit durch die Zusammenziehung mehr als ausreichend ist, um in den äußeren Theilen der Nebelmasse eine solche Rotationsgeschwindigkeit zu erzeugen, daß die Centrifugalkraft der Centripetalkraft

gleich wird oder sie übersteigt, so daß sich die Nebelringe von der Aequatorzone loslösen müssen. Indessen wird diese Beschleunigung immer mehr durch die Reibung gegen die innere Masse verzehrt werden, je mehr man sich dem gar nicht oder langsamer rotirenden Centrum des ganzen Systems nähert. Daher mag es kommen, daß die Aequatorialgeschwindigkeit der Sonne heute bedeutend geringer ist, als zur Zeit, da sie sich noch bis zur Merkursbahn erstreckte, und daß sie schließlich überhaupt aufgehört hat, neue Planetenringe abzuschleudern. In einem Experimente von Plateau, bei welchem ein großer Oeltropfen in einer gleichschweren Mischung von Alkohol und Wasser in Rotation versetzt wird, hat man bekanntlich ein Mittel für den Anschauungsunterricht gefunden, um die Planetenbildung

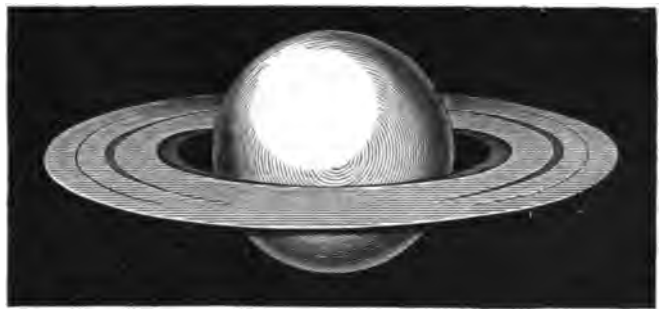


Fig. 12.
Saturn

nachzuahmen. Das großartigste und schon von Kant in dieser Richtung eingehend gewürdigte Schauspiel dieser Art sehen wir aber in der Bildung der Saturnringe vor uns, wobei sich die Loslösung der Ringe vom Centralkörper deutlich dem Auge darstellt. (Fig. 12.)

Da die Theile des abgelösten planetarischen Ringes eine ungleiche Geschwindigkeit besitzen, so erklärt sich daraus im Allgemeinen, wie durch die Vereinigung derselben zu einer Masse, eine Rotation der geschwinder bewegten Theile um die langsameren entstehen mußte. Dieser Vorgang ist im Uebrigen noch sehr dunkel, und es erscheint als wahrscheinlich, daß sich niemals sämmtliche Theile eines Ringes mit einem Male zu einem Weltkörper vereinigen konnten, sondern zum Theil als Meteorschwärme ihren Weg fortsetzen mußten. Dieselben wurden aber wahrscheinlich nach und nach von dem Hauptplaneten an sich gezogen, wenn sie durch Veränderung ihrer Umlaufs-Geschwindigkeit in seine Nähe kamen, so daß sich nach und nach die Bahn von den noch übrigen Resten des Meteorringes reinigte.

An den einzelnen noch gasförmigen Planeten mußte sich derselbe Vorgang in ähnlicher Weise wiederholen, sofern ihre Masse und Anfangsgeschwindigkeit groß genug war, um durch Beschleunigung ihrer Bewegung

Aequator-Ringe abzusondern. Aus dem Vorhergesagten wird es klar sein, weshalb nur die größeren Planeten im Stande gewesen sind, Mondringe in zum Theil ziemlich häufiger Wiederholung abzuschleudern. Uranus, Saturn und Jupiter haben diesen Vorgang zu mehrfach wiederholten Malen durchgemacht, beim Saturn dauert er, wenn nicht Alles trügt, noch fort; der Mars hat nur zwei, ihn sehr schnell umkreisende, kleine Monde erhalten, die Erde einen und die inneren Planeten vielleicht gar keinen. Bei den äußeren, viel größeren Planeten mußte dieser Wiederholung noch der Umstand zu Gute kommen, daß sie ihre Wärme vermöge ihrer größern Massen viel weniger schnell auszustrahlen vermochten. Sie sind wahrscheinlich zum Theil jetzt noch von glühend heißen Dämpfen umgeben, soweit sie überhaupt bereits einen festen Kern besitzen. Der Saturnring oder vielmehr die zahlreichen einander concentrisch umfassenden Ringe, die man durch schmale dunkle Zwischenräume getrennt, mit den schärferen Instrumenten der Neuzeit erkennt, ist ein für eine kosmische Masse auffallend schmächtiges Gebilde, wie sich schon daraus ergiebt, daß der Ring, wenn er uns im Laufe seiner Bahn die Schneide zukehrt, völlig verschwindet. Wahrscheinlich besteht er aus getrennten festen Theilen, die sich nach Deichmüller (1894) in einer Schicht von kaum mehr als 1 km Dicke ausbreiten. In den äußern Zonen des Ringes stehen diese Theilchen dichter und reflektiren daher mehr Licht, so daß sie weißer und glänzender erscheinen; in den inneren Ringen ist die Durchsichtigkeit so groß, daß sie einem in ihren Schatten tretenden Saturnmond, der im Schatten der äußern Ringe völlig verdunkelt wird, das Sonnenlicht kaum merklich entziehen. Diese florartig durchsichtigen inneren Ringe rotiren nach Keelers Ermittelungen durch die spektroskopische Methode, fast doppelt so schnell, wie die äußersten, so daß auch darin Aehnlichkeit des Saturnringsystems mit dem Planetenbildungsprozesse besteht. Was wir vom Körper der großen Planeten sehen, ist wahrscheinlich nur der Umriß ihrer Dampfkugel, und damit würden sich die langgezogenen dunkleren, dem Aequator parallel laufenden Querstreifen, die man häufig auf der Oberfläche von Saturn und Jupiter gewahrt, wahrscheinlich als aus dem Innern der heißen Planeten hervorbrechende Dampfwolken deuten lassen, die sich durch die Rotation über weite Zonen verbreiten. Ein großes Interesse bei den Astronomen hat in anderer Beziehung der seit 16 Jahren erschienene, noch heute nicht völlig verschwundene, aber im Vergehen begriffene „rothe Fleck" am Jupiter (Fig. 13 a) erregt. Man ist genöthigt, an eine ungeheure „offne Wunde" des Planeten zu denken, die man dem Feuersee von Kilauea auf Hawaii verglichen hat, deren größte Länge aber nahezu $^3/_4$ des Erdumfanges erreicht, und den die rosiröthlichen Wolkenstreifen zu fliehen scheinen. Der englische Astronom Proctor hat besonders darauf aufmerksam gemacht, daß man sehr oft auf dem Jupiter perlschnurartige Wolkenzüge gleichlaufend mit dem Aequator ausgebreitet sieht, wie sie entstehen müssen, wenn an einer bestimmten Stelle dieses Planeten aus dem

Innern gewaltige Dampfwolken in kurzen Zwischenräumen hervorbrechen und aufsteigen. Man hat diese Wolkenzüge Schatten auf tiefere Schichten werfen sehen, und nach alledem geschlossen, daß diese Planeten zum Theil noch in Zuständen befindlich sein mögen, wie sie Mars und Erde schon vor undenklichen Zeiten durchgemacht haben, womit auch die geringe Dichte der Ersteren übereinstimmt. Diese geringere Dichte kann aber auch vielleicht zum Theil darauf zurückgeführt werden, daß die äußeren Planeten aus den äußersten Theilen des Sonnennebels abgesondert wurden, dessen Dichte gewiß nach innen zunahm, indem die schwersten seiner Bestandtheile sich näher um den Mittelpunkt schichteten. Daraus würde sich erklären,

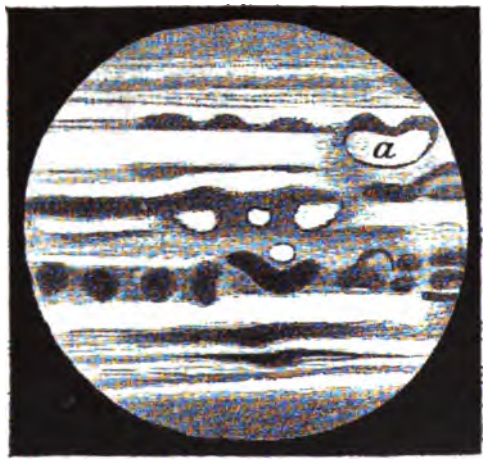


Fig. 13.
Jupiter in größter Erdnähe. (26. März 1898.) Nach einer Zeichnung von Ph. Fauth.
a der rothe Fleck.

weshalb die Dichtigkeit der Planeten im Sonnensysteme nach innen stetig zunimmt, so daß der der Sonne nächste Planet, der Merkur, auch der dichteste ist.

Aehnliche Gluthprocesse, wie wir sie auf dem Jupiter vermuthen, aber natürlich in einem viel gewaltigeren Maßstabe, sehen wir noch heute alltäglich auf der Sonne vor sich gehen, deren noch immer sehr bewegliche Oberfläche sich nach der Geburt des Merkur noch im Mittel fünfzehn Millionen Meilen zurückgezogen hat. Hier ist es wieder die Spectralanalyse, welche die erstaunlichsten Ergebnisse geliefert hat. Noch bis zur Mitte unseres Jahrhunderts glaubte man, daß die Sonne möglicherweise ein bewohnter dunkler und kühler Weltkörper mit einer licht- und wärmeaussendenden Hülle sein könnte; durch die Bunsen-Kirchhoff'sche Entdeckung aber wissen wir, daß sie ein über und über glühender Feuerball ist, an dessen Oberfläche

fortwährend die gewaltigsten Explosionen und Verbrennungsprocesse auftreten. Seit mehreren hundert Jahren kannte man die Erscheinung der Sonnenflecken, dunkler Stellen, die oft Theile der hellen Scheibe von dem Umfange ganzer Erdtheile bedecken, und an der Rotation der Sonne Theil nehmen; später unterschied man auch stärker leuchtende Theile, sogenannte Sonnenfackeln, die meist in der nähern Umgebung der Flecken auftreten, und endlich beobachtete man während der totalen Sonnenfinsternisse über den Rand des bedeckenden Mondes hinausragende glühende Erhebungen (siehe Fig. 14 und 15), die sogenannten Protuberanzen.

Man erkannte bald, daß die auf der Fläche des Sonnenkörpers hervortretenden Lichtfackeln identisch sind mit den am Rande hervortretenden

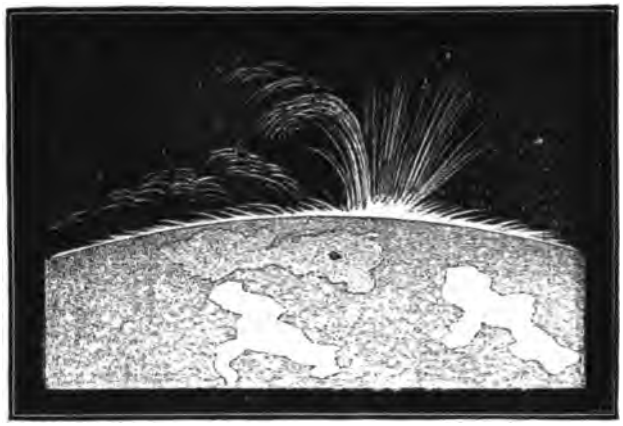


Fig. 14.
Fackeln, Flecken und Protuberanzen der Sonne.

Protuberanzen, welche am häufigsten die Gestalt feuriger Zungen zeigen, und in die man erstere direkt übergehen sieht, wenn der Lichtfleck bei der Umdrehung des Sonnenkörpers an den Rand gelangt. In mächtigster Ausbildung wurden derartige Protuberanzen bei der totalen Sonnenfinsterniß des Jahres 1868 beobachtet, wobei es vermittelst der Spectralanalyse gleichzeitig gelang, ihre wahre Natur zu enträthseln. Man sah damals neben mehreren andern Protuberanzen eine in lebhaftester Karmingluth erstrahlende spiralig gewundene Lichtsäule sich auf zwanzigtausend geographische Meilen über den Sonnenrand erheben, der wie gewöhnlich, von einem weißglänzenden Strahlenschein, der sogenannten Corona, umgeben war. Diese rothe Feuersäule, die man auf Fig. 15 dargestellt sieht, ergab sich durch das Spectroskop betrachtet, als hauptsächlich aus glühendem Wasserstoff bestehend.

Nachdem man später diese aus der Sonnenoberfläche hervorbrechenden Eruptionen glühender Gase auch in gewöhnlichen Zeiten zu beobachten

gelernt hatte, so daß man während längerer Zeitperioden ihre Wandlungen verfolgen konnte, hat sich ergeben, daß sie, wie dies bei derartigen Erscheinungen nicht anders erwartet werden konnte, eine große Veränderlichkeit ihrer Formen zeigen, von Stunde zu Stunde dieselben wechseln, bis sie an der betreffenden Stelle ganz verschwinden. Man hat ferner eine gewisse Periodicität dieser Erscheinungen festgestellt, die sich mit der längst bekannten eilfjährigen Periode der Sonnenflecken deckt und die man vielfach mit Perioden warmer und kalter, stürmischer, unfruchtbarer Jahre in Verbindung bringen wollte, wie denn eine entsprechende Periode magnetischer Störungen

Fig. 15.
Sonnenfinsterniß vom 18. August 1868.

(Polarlichter) für erwiesen gilt. Wie die Sonnenflecken in einem Zeitraum von wenig über eilf Jahren eine Periode größter Heftigkeit und Ausdehnung und eine solche geringster Zahl und Größe zeigen, so auch die Protuberanzen und dieser Zusammenhang würde sich nach der Theorie von Secchi leicht erklären, wenn man in den Flecken gewaltige Rauchwolken erkennen darf, die durch jene ungeheuren Verbrennungsprocesse erzeugt wurden, und die jene für unsre Blicke gewöhnlich verdecken. Man hat nachweisen können, daß in ihnen die Verbrennungsprodukte von Wasserstoffgas und Eisen, also Wasserdampf und Eisenoxyd vorwiegen. Indessen hat in neuerer Zeit eine andre Sonnenfleckentheorie von Faye, welche dieselbe für gewaltige Wirbelstürme erklärt, die ähnlich den irdischen dem Aequator parallel wandern und gewaltige Trichter in dem dampfförmigen Sonnenkörper aufwühlen, großen Beifall gefunden, da sie mehr dem Augenschein entspricht, wobei im Uebrigen die Möglichkeit eines gleichen Zusammenhanges mit irdischen Vorgängen zugegeben wird.

Während nun in den Zwischenzeiten der Ruhe die Sonne beinahe über ihre ganze Oberfläche hinweg mit kleineren Flämmchen von der Form der Weidenblätter bedeckt erscheint, die der Scheibe bei photographischen Aufnahmen, welche in einem sehr kurzen Zeitabschnitt angefertigt werden, ein gekörntes Aussehen geben, steigen in den Zeiten der Erregung gewaltige Feuer-Eruptionen an mehr vereinzelten Stellen empor, die explosionsartig brennende Massen zu ungeheuren Höhen emporschleudern, oder glühende

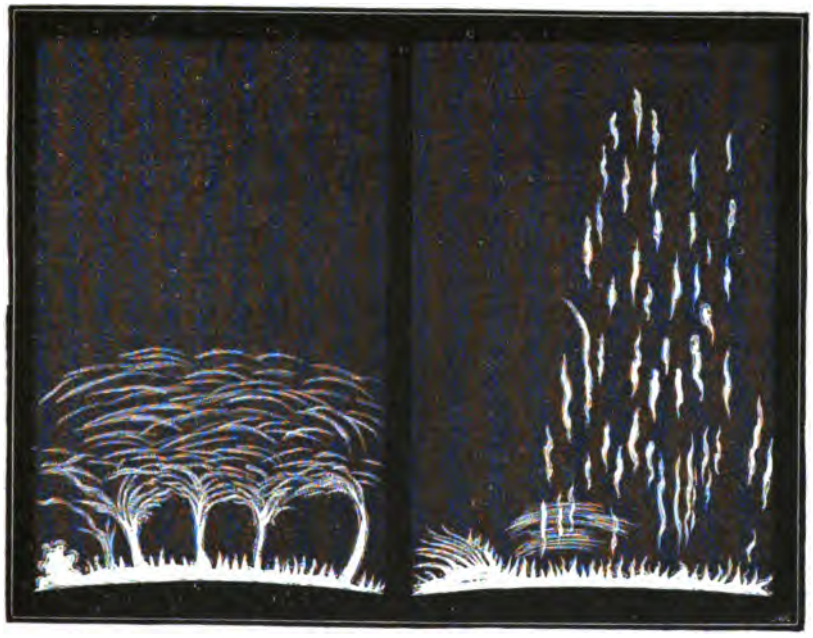


Fig. 16.
Explosion einer Sonnenprotuberanz nach Young.

Wirbelwinde erzeugen, denen gewundene Feuersäulen entsprechen, wie die auf der vorigen Seite abgebildete. Mitunter beobachtet man dabei Erscheinungen, wie sie die glühende Phantasie eines Dante, oder der Feuereifer eines die Schrecken der Hölle ausmalenden Zeloten nimmermehr ersonnen hätte. So erblickte der Astronom Young am 7. September 1871 eine riesige Wasserstoff-Protuberanz, von der häufig vorkommenden charakteristischen Form, welche man den „Feigenbaum-Typus" genannt hat (Fig. 16 links). Sie war 161000 Kilometer breit und 87000 Kilometer hoch. Als nun Young nach einer Pause, während welcher er von seinem Instrumente weggerufen worden war, wieder hineinblickte, sah er die Protuberanz durch eine Explosion zersprengt. Die einzelnen brennenden Theile der Masse hatten in zehn Minuten die Höhe von zweihunderttausend Meilen

über der Sonnenoberfläche, und eine Geschwindigkeit von zweihundertsechzig Kilometer in der Secunde erreicht (Fig. 16 rechts).

Um diese periodischen Feuerausbrüche zu erklären, hat Respighi die Theorie aufgestellt, daß die Oberfläche des Sonnenkörpers sich zur Zeit in einem dickflüssigen Zustande befinde, der den kleineren Gasblasen, die sich im Innern entwickeln, für gewöhnlich den Durchbruch gestatte, darauf aber stellenweise durch weitere Abkühlung und Starrerwerden derselben verhindere, bis sich große Dampfmassen angesammelt haben, die dann plötzlich durch äußere oder innere Ursachen veranlaßt, in gewaltigen Explosionen hervorbrechen. Durch die damit verbundene starke Wärmeentwicklung wird dann aber wieder für einige Zeit die Dünnflüssigkeit der Oberfläche befördert, so daß die Gase einen gleichmäßigeren Austritt erhalten, bis sich das Spiel wiederholt. Wir müssen offenbar der Periode chemischer Thätigkeit, in die der Sonnenkörper eingetreten ist, einen guten Theil an dem Ersatz der uns so wohlthätigen Sonnenwärme beimessen. In den oben erörterten Urzuständen der Gestirne und auf den heißesten Sternen können chemische Verbindungen nicht bestehen; aber durch allmälige Abkühlung wird ein Zustand herbeigeführt, in welchem die chemischen Verwandtschaften erwachen und Verbindungen der Elemente unter einander stattfinden, wobei Wärmemassen entbunden werden, welche die weitere Abkühlung sehr verlangsamen müssen. Dadurch muß ein Spiel großartiger Neuverbindungen und Wiederzersetzungen entstehen, denn die gewaltige Wärmeentbindung der Eruptionen wird jedesmal eine Menge von Verbindungen auf's Neue zerlegen, die sich in den kühleren Theilen der Dampfhülle bereits gebildet hatten. Man wird sich dieses riesenhafte chemische Laboratorium so vorstellen müssen, daß sich die Stoffe in dem Kern sowohl, wie in der wallenden Dampfhülle in verschiedenen Schichten abgesondert haben, die ihrer abnehmenden Schwere entsprechen, und hierbei können Elemente von einander getrennt worden sein, die durch Eruptionen in Berührung gebracht, erst in höheren Regionen der Dampfhülle zu Explosionen führen.

Das Spectroskop hat uns mit einer chemischen Ungleichheit der den Sonnenkörper wie Zwiebelschalen umgebenden Dampfhüllen bekannt gemacht, und man unterscheidet darnach von unten oder innen ausgehend, die Leuchtschicht (Photosphäre), umkehrende Schicht, die rosenrothe Chromosphäre und die Corona, welch letztere die weit ausgedehnte dünne Atmosphäre darstellt, die bei totalen Finsternissen wie ein Heiligenschein den verdunkelten Sonnenkörper umhüllt. Wahrscheinlich bestehen jene untersten Schichten der Dampfhülle aus schweren Metalldämpfen, über denen die Dämpfe von Leichtmetallen sich erheben, worauf erst höher hinauf Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff u. s. w. folgen würden. In diesen äußern Schichten, die man die Verbrennungsschichten nennen kann, würden also jene Explosionen emporgeschleuderter Massen entstehen, und es erklären diese Processe der äußern Schichten wahrscheinlich den Umstand, daß die Linien der in ihnen

vorhandenen Gase, wie z. B. des Sauerstoffgases, im Sonnenspectrum dauernd leuchtend erscheinen, während diejenigen der Metalle und auch des Wasserstoffs gewöhnlich dunkel erscheinen, weil ihre Strahlen nämlich dicke gleichartige Dampfhüllen durchdringen müssen, während sie ebenfalls leuchtend erscheinen, wenn die ihnen entsprechenden Stoffe, in die höheren Regionen geschleudert, sich dort verbinden (verbrennen). Uebrigens sind alle diese Ansichten noch in starkem Widerstreit und Flusse begriffen. Die Schätzungen der Sonnentemperatur schwanken von 8000 bis 30000 Grad und kürzlich hat uns August Schmidt mit einer Sonnentheorie überrascht, nach welcher die Vorgänge, die wir auf der Sonnenoberfläche beobachten, gar nicht dort, sondern im Innern des Sonnenkörpers stattfinden und nur durch Strahlenbrechung gehoben daselbst erscheinen sollen. Soviel aber steht nun fest, daß auf der Sonne dieselben chemischen Elemente vorkommen, wie auf der Erde und in den Fixsternen, nachdem man nun auch den 1868 von Lockyer in der Sonne zuerst an einer hellen Linie im Gelbgrün entdeckten, auf Erden unbekannt gebliebenen Sonnenstoff, das Helium 1896 als einen Bestandtheil vieler irdischen Mineralien und Mineralquellen erkannt hat. Seitdem ist dieses Sonnengas auch als Bestandtheil vieler Fixsterne, z. B. der helleren Orionsterne erkannt worden, und wir finden in dieser Allverbreitung des Heliums den Beweis einer gerade durch dasselbe in Frage gestellten tröstlichen Thatsache, daß die Sonne ihren Kindern wirklich nichts Stoffliches vorbehalten hat.

In den oben beschriebenen chemischen Vorgängen auf Sonnen und Fixsternen haben wir offenbar einen theilweisen Ersatz der ungeheuren Wärmemengen zu erkennen, die sie beständig in den Raum ausstrahlen, und in demselben Grade natürlich auch eine Verlangsamung des Abkühlungsprocesses. Schon längst haben die Naturforscher erwogen, daß ein solcher Ersatz stattfinden müsse, und man hat unter andern an Meteoritenschwärme gedacht, die das Sonnenfeuer beständig nähren sollten, wie die aufgeschütteten Kohlen das Kaminfeuer. Der vor zehn Jahren verstorbene deutsche Physiker William Siemens hat dagegen eine Hypothese erdacht, wonach der Sonnenball an seinem Aequator beständig verbrannte Stoffe in den Raum hinausschleudern, sie dort durch seine Lichtstrahlen zersetzen und als neues Brennmaterial an den Polen wieder heranziehen sollte, so daß ein Kreislauf der Verbrennungsstoffe im Sonnenumkreise anzunehmen sei, bei welchem nur geringe Verluste stattfänden. Eine andere geistreiche Sonnentheorie, die von einem durchaus gasigen Sonnenkörper ausgeht, der in seiner Atmosphäre die Stoffe verbrennt, die er im Innern wieder gewinnt, verdanken wir O. N. Witt (Charlottenburg). Die Hauptmenge der Sonnenwärme dürfte aber, nach wie vor, von der fortschreitenden Zusammenziehung des Sonnenkörpers selbst geliefert werden. Helmholtz hat eine Rechnung ausgeführt, nach welcher die Masse der Sonne, wenn sie durch plötzliche Verdichtung eines Urnebels von der Ausdehnung ihres Planetensystems entstanden wäre,

eine Temperatur von achtundzwanzig Millionen Grad Celsius erhalten haben würde. Dieselbe Wärmemenge wird natürlich auch nach und nach bei der allmäligen Verdichtung frei, und ihr ist es zu verdanken, daß auf der Erde und wahrscheinlich auch auf andren Planeten unseres und anderer Systeme ein Leben, wie wir es kennen, möglich wurde, und während ungeheurer Zeiträume erhalten blieb, so daß es sich zu den hohen Stufen emporarbeiten konnte, die wir sehen und ahnen.

Die in der obenerwähnten Sonnenheizungs-Hypothese erwähnte Thatsache, daß Weltkörper im Raume aufeinanderprallen können und dies so lange fortsetzen müssen, bis sich ihre Bahnen völlig von solchen Möglichkeiten befreit haben, ist in neuerer Zeit von Du Prel zu einer besonderen Theorie ausgeführt worden, die er den „Kampf um's Dasein am Himmel" nennt. Dafür, daß solche Katastrophen früher öfter stattgefunden haben, wird wohl auch die Schaar der Planetoiden zwischen Mars und Jupiter angeführt. Sie lassen sich aber ebensogut als die Theile eines Sonnenringes auffassen, der sich in Folge schnell zunehmender Schwungkraft in viele Zonen theilte, die sich zu ebensovielen kleinen Planeten verdichtet haben. Daß aber eine Reinigung und Befreiung des Raumes von umherirrenden kleineren Trümmern beständig stattfindet, und ehemals wahrscheinlich in einem größern Maßstabe als jetzt, beweisen uns schon die Meteoritenfälle an der Erdoberfläche, die sich nicht selten zu einem förmlichen Feuerregen steigern. Das in manchen Nächten massenhafte Niederfallen von Sternschnuppen, denen die Erde im Laufe der Jahre sicherlich einen erheblichen Größenzuwachs verdankt, rührt bekanntlich von dem Vorhandensein stellenweise dicht besetzter Meteoritenringe im Planetenraume her, welche die Erde in ihrer Jahresbahn wiederholt zu durchbrechen oder zu streifen hat, wobei sie jedesmal einen beträchtlichen Sternschnuppenschauer auf sich herabzieht. Das hervorragendste Schauspiel gewähren darunter die seit langen Jahrhunderten bekannten feurigen „Thränen des h. Laurentius", die am 10. August, dem Todestage jenes Heiligen, auf uns herabregnen, von den Astronomen Perseiden genannt, nach dem Sternbilde des Perseus, aus dem sie hervorzuströmen scheinen, weil dort die Bahnkreuzung liegt, und die aus dem Gr. Löwen kommenden Leoniden, die uns um dem 12. November dreimal im Jahrhundert einen verstärkten Feuerregen zuführen, weil dann die Erde eine besonders stark besetzte Stelle ihrer Bahn passirt. Solche Begegnungen mit kosmischen Massen verlaufen meist für uns ungefährlich, da die Atmosphäre, in der sie sich beim Eindringen entzünden und durch ungleiche Erwärmung zerplatzen, uns wie ein Prellpolster schützt. Nur ab und zu gelingt es einer schwereren Meteormasse, namentlich wenn sie aus größeren Metallmassen (Eisen, Nickel und ähnlichen Metallen) besteht, die Atmosphäre unzersprengt zu durchdringen, wie der ungeheure, auf ein Gewicht von 50 bis 90 Tonnen geschätzte Meteorstein, den Peary 1897 aus der Melville-Bai nach New-York gebracht hat; die meisten kommen in Gestalt kleinerer Trümmer oder feinen Staubes herab.

Viel größer war von jeher die Furcht vor dem Zusammentreffen der Erde mit einem Kometen, weil dies theilweise aus fernen Regionen in unser Planetensystem eintretende kosmische Massen sind, über deren Natur man noch nicht völlig im Klaren ist. Wenn Schiaparelli Recht hat, aus der Bahnähnlichkeit gewisser kleinerer Kometen mit derjenigen der erwähnten Meteorschwärme zu schließen, die Kometen bestünden selbst aus solchen Schwärmen kleinerer und größerer fester Körper, die weit genug von einander entfernt seien, um die Sterne durch ihre Zwischenräume hindurchfunkeln zu lassen, so würde ihre Begegnung auch keine größeren Ueberraschungen bieten; sicherlich ist die Masse der Kometen ihrer ungeheuren Schweifentwicklung gegenüber sehr gering, und ebenso wie wir schon in unserem Jahrhundert einmal von dem Schweif eines Kometen gefegt worden sind, ohne etwas von ihm zu spüren, dürfte die Erde im Laufe der geologischen Zeiten schon manche solcher Begegnungen überstanden haben, ohne daß ihre Bewohner an Luftvergiftung und ähnlichen Fährnissen zu Grunde gegangen sind. Andere Astronomen und Physiker haben aus spectroskopischen Anzeichen geschlossen, daß der Hauptbestandtheil der Kometen ein flüssiger Kohlenwasserstoff, eine Art sehr flüchtigen Petroleumäthers sei, welcher von der Kälte des Weltraumes verdichtet, sobald der Komet in die Sonnennähe gelangt, verdunste und dabei das Material für die Entwickelung des großen Schweifes hergebe, der sich fast stets, wie von einer gleichnamigen Kraft (Elektricität?) abgestoßen, von der Sonne abwendet; eine solche Abstoßung würden aber auch feste Theile (Meteorstaub) erleiden können.

Ein häufigeres Zusammenprallen größerer Weltkörper scheint nach der Nebularhypothese, die von einer Reinigung des Raumes durch zusammenfallende Nebelmassen ausgeht, nicht eben wahrscheinlich und die Hauptsäuberung der Bahnen wird in den Zeiten der Jugend jedes einzelnen Systems erfolgen, dessen Glieder sich später in gleichen Richtungen bewegen, und deshalb sich nicht begegnen können. Eine Ausnahme ist hier, wie schon angedeutet wurde, nur für Theile desselben Absonderungsringes wahrscheinlich, die, wenn sie eine noch so geringe Verschiedenheit ihrer Geschwindigkeit erlangten, sich schließlich mit einander vereinigen mußten, ein wichtiger Umstand, der, wie es scheint mit Unrecht, bisher in den kosmogonischen Systemen übersehen wurde. Vielleicht sind die Meteormassen und Kometen Sammlungen solcher Ueberbleibsel der alten kosmischen Massen, die nicht zeitig genug zum Anschlusse gelangt sind, und nun nachträglich den größeren Massen zufallen und namentlich den Sonnen als Brennstoff dienen.

Dennoch werden Katastrophen im Weltall, wie sie durch das Zusammenstoßen größerer Weltkörper entstehen müssen, niemals für ganz ausgeschlossen gelten können, und man hat sie in neuerer Zeit zur Erklärung einer Naturerscheinung benützt, welche die Phantasie der Menschen bei jedem Neuauftreten in eine gewaltige Aufregung versetzt hat, wir meinen das

Wiederaufleuchten halberloschener Sterne oder die Erscheinung sogenannter „neuer Sterne“. Schon zu den Zeiten Tycho Brahe's und Kepler's erregte die Erscheinung blendend heller, neuer Sterne in der Cassiopeja, im Schwan und im Schlangenträger das größte Aufsehen. Man hat in jenen Zeiten angesichts solcher Erscheinungen wohl geglaubt, einem Schöpfungsakte beizuwohnen, aber man hat sich in jedem solcher Fälle bald überzeugen müssen, daß es sich dabei stets nur um ein kurzes Aufleuchten halb erloschener Sterne handelte, während wir andererseits wissen, daß Weltenbildungen unendliche Zeiträume zu ihrer Vollendung bedürfen. Der plötzliche, zuweilen die Sterne erster Größe überstrahlende Glanz der neuen Sterne ist in jedem Falle bisher innerhalb weniger Monate wieder auf die frühere matte Helligkeit, ja bis zur Unsichtbarkeit für das bloße Auge hinabgesunken. Diese kurze Dauer ihres Leuchtens macht sie indessen dem

Fig. 17.
Spectrum des Sternes T in der nördlichen Krone am 15. Mai 1866.
Die Buchstaben und Zahlen bezeichnen die leuchtend gewordenen Linien.

Naturforscher womöglich noch anziehender, und schon Newton glaubte an ihre Erscheinung die Idee von Weltkatastrophen knüpfen zu dürfen, indem er an ein Zusammenprallen halb erloschener Weltkörper, die durch den ungeheuren Stoß für kurze Zeit von Neuem entflammt würden, dachte.

Seit der Entdeckung der spectralanalytischen Methode, welche geeignet ist, uns über die Natur auch solcher Erscheinungen im Reiche des Lichtstrahls nähern Aufschluß zu gewähren, haben sich bereits dreimal neu aufleuchtende Sterne der Beobachtung dargeboten, nämlich im Jahre 1866, wo in der nördlichen Krone ein hellleuchtender Stern aufflammte, im November 1876, als im Schwan ein, wenn auch weniger heller Stern die Aufmerksamkeit auf sich zog und im Winter 1891/92, als der neue Stern im Fuhrmann die Astronomen in Aufregung versetzte. Das Spectrum der neu aufleuchtenden Sterne zeichnet sich, wie Huggins und Miller schon 1866 fanden, und wie es vor acht Jahren wieder bestätigt werden konnte, vor demjenigen der gleichmäßig leuchtenden Fixsterne und Sonnen durch das Hervortreten heller Linien aus, unter denen in allen drei Fällen Wasserstofflinien einen besonders starken Glanz entfalteten. Da etwas Aehnliches, wie wir oben sahen, in den Fackeln oder Protuberanzen der Sonne stattfindet, so gründete Zöllner auf dieses Verhalten die Hypothese, daß es sich bei einem solchen Aufleuchten wahrscheinlich um eine Art vulkanischer Eruptionen oder allgemeiner um Durchbrüche einer dünnen Er-

starrungsrinde handle. Die genauere Beobachtung des neuen Sternes im Schwan hatte O. Lohse zu einer den schon erwähnten Vorgängen auf der Sonne entsprechenden Hypothese geführt, die sich besser dem regelmäßigen Entwicklungsgange der Weltkörper einfügt. Durch die fortschreitende Abkühlung der aus glühenden Dämpfen und Gasen bestehenden Masse eines selbstleuchtenden Weltkörpers (Fixsterns) muß schließlich eine atmosphärische Hülle erzeugt werden, die das Licht in so starkem Grade verschluckt, daß der Stern von der Erde aus nicht mehr, oder doch nur sehr undeutlich gesehen werden kann. Wenn dann durch weitere Ausstrahlung der Abkühlungsgrad erreicht wird, welcher für die Bildung derjenigen chemischen Verbindungen erforderlich ist, die einen wesentlichen Theil des Ganzen bilden, so wird bei Vereinigung der betreffenden Elementarstoffe eine so bedeutende Wärme- und Lichtentwickelung stattfinden, daß der Stern plötzlich auf große Entfernungen hin für längere oder kürzere Zeit wieder sichtbar wird.

Die Beobachtung des neues Sternes im Fuhrmann führte mit größerer Bestimmtheit zur Annahme eines Zusammenstoßes zweier oder gar dreier Weltkörper. An einer Stelle, an welcher am 8. December 1891 auf photographischen Platten noch kein Stern sichtbar war, der auch nur die neunte Größe gehabt hätte, erschien bei einer Aufnahme vom 10. December, also 2 Tage später, ein Stern der fünften Größe, so daß er mit bloßem Auge gut erkennbar war und diese Helligkeit bis in den Februar 1892 behielt, dann aber schnell abnahm, und im März nur noch neunte Größe zeigte, später im Sommer allerdings noch einmal aufflammte. Sein Spectrum bestand aus drei übereinandergelagerten Spectren, zweien mit hellen Linien und einem mit dunklen, und aus den Verschiebungen dieser Linien schloß Vogel (Potsdam) und ähnlich auch Huggins, daß der Stern mit den dunklen Linien mit einer Geschwindigkeit von 120 Meilen in der Sekunde begabt war und sich in derselben Zeit um 90 Meilen der Erde näherte, während von den Sternen mit leuchtenden Linien der eine sich uns mit 5 Meilen näherte, der andere um 64 Meilen entfernte. Es wäre ein Stern dem andern so nahe gekommen, daß er ihn anscheinend seiner verdunkelnden Atmosphäre beraubt hätte, so daß dieser (mit seinem Begleiter?) plötzlich hell aufstrahlte, oder sie seien zusammengestoßen, oder wie Seeliger in München annahm, der oder die aufleuchtenden Sterne seien in eine dichte Meteorwolke gerathen und dort gleichsam in Brand gerathen. Eine solche leuchtende Wolke, die sich auf drei Bogensecunden um den Stern ausbreitete, war nämlich, als der Stern im August 1892 nochmals aufleuchtete, auf der Lickfternwarte in Kalifornien von Barnard beobachtet worden.

Von den Entwicklungsschicksalen der Sterne und Sonnen wenden wir uns zu denen der Planeten und Monde, unserer nächsten Nachbarn, zu den Geschwistern und Geschwisterkindern der Erde im Weltall. Als die Erde

endgültig durch Kopernikus von ihrem Throne im Mittelpunkte der Welt entfernt, und damit der geocentrische Standpunkt, nach welchem alle Gestirne nur für den Herrn der Erde leuchten sollten, untergraben war, tauchten als Gegenwirkung Schilderungen von der Mehrheit der bewohnten Welten auf, die Nicolaus von Kusa (1401—1464), der schon vor Kopernikus die Achsendrehung der Erde gelehrt hat, und Giordano Bruno, den man am 17. Februar 1600 zu Rom verbrannte, in Schwung brachten. Sonne, Mond, Planeten und Sterne wurden nun in zahlreichen romanhaften Schriften mehrere hundert Jahre lang unter die bewohnbaren und von menschenähnlichen Wesen bewohnten Gestirne gerechnet und in der Art Julius Verne's auf phantastischen Reisen besucht. Wie verlockend diese Ausflüge in die Traumwelt waren, geht daraus hervor, daß selbst einige der größten Geister aller Zeiten, ein Kepler, Huyghens und Kant einer solchen Versuchung nicht widerstehen konnten. Am meisten Beifall darunter fanden die 1686 erschienenen „Unterhaltungen über die Mehrheit der Welten" des französischen Akademikers Fontenelle, der einer wißbegierigen Dame erzählt, daß der Mond (wie schon Kepler in seinem „Traum vom Monde" ausgeführt hatte) von einer Menschenart bewohnt sei, die sich vor der langen Sonnengluth durch große Wallbauten geschützt habe, daß auf Merkur und Venus kleine Neger hausen, welche die Hitze ihrer Sonnennähe wohl ertragen, daß der Mars eines langen Aufenthaltes nicht werth sei, weil seine Lebensbedingungen den irdischen gar zu ähnlich seien, daß dagegen die Jupitersbewohner durch das Prachtschauspiel ihrer Monde zu großen Astronomen gediehen wären, die bereits den kleinen Erdenstern entdeckt hätten u. s. w. Durch den wiederkehrenden Kapitel-Refrain: Warum sollte es nicht so sein? wurde dieses Phantasiespiel erträglicher gemacht.

Christian Huyghens' „Weltbeschauer", der wie Keplers Mondtraum als nachgelassenes Werk (1698) herausgegeben wurde, vertiefte diese Betrachtungen insofern, als wenigstens die physikalischen und meteorologischen Verhältnisse auf den Planetenoberflächen in Betracht gezogen wurden, aber freilich vermischte sich dabei immer wieder Wahrheit und Irrthum, so wenn die „Wolkenstreifen" des Jupiter auf die senkrechte Stellung der Achse bezogen wurden, die den Jupiterbewohnern zwar einen ewigen Frühling aber auch viel Sturm und Regen einbringen sollte. Noch verfehlter waren Kant's Speculationen über die wachsende Vollkommenheit der Sinne uud Gedanken der Jupiter- und Saturnbewohner, und es erquickt ordentlich, unter diesen wüsten Träumereien einmal einen Gedanken zu treffen, der sich zufällig bewährt hat, wie Keplers Vermuthung, daß der Mars wohl zwei Monde haben möchte, da die Erde einen, der Jupiter deren vier und der Saturn wahrscheinlich noch mehr habe. Der Kapuziner Reita sprach 1641 von diesen Marsmonden, die Asaph Hall erst 1877 wirklich entdeckt hat, als ob er sie gesehen habe, und ebenso Swift in Gullivers Reisen (1728) und

Voltaire im Micromegas (1753), nachdem Jakob Schudt in Frankfurt a. O. in einer Schrift über die Wahrscheinlichkeit mehrerer bewohnter Welten (1721), die richtige Bemerkung gemacht hatte, daß diese beiden Marsmonde wahrscheinlich so klein seien, daß man sie darum noch nicht beobachtet habe.

Von dieser Traumherrlichkeit der letzten Jahrhunderte ist heute nicht mehr viel haltbar. Die Sonne, welche noch im Anfange unseres Jahrhunderts als ein möglicherweise kühler, nur von einer Luft und Wärme spendenden Hülle umgebener Weltkörper gelten konnte, hat sich uns als ein Gluthball der ungeheuersten chemischen Prozesse und Explosionen enthüllt und mit ihr sind alle die leuchtenden Fixsterne als Ziele der Schwärmereien und Lieder von einem „schönern Stern" aus unserem Gesichtskreise entschwunden. Ihre unsichtbaren, nur zuweilen durch Rechnung auffindbaren und in starken Fernröhren zu entdeckenden Begleiter werden, wenn nicht alle Analogieschlüsse trügen, in vielen Fällen den Schauplatz einer ähnlichen organischen Entwickelung darbieten, wie die Erde, denn die Elemente des Lebens sind überall im Raum vorhandeu, und wo die Bedingungen des Lichtes, einer athembaren Luftmischung und des tropfbarflüssigen Wassers gegeben waren, wird sich auch ein Leben entfaltet haben, das vielleicht dem irdischen in einzelnen Fällen gar nicht so unähnlich gewesen sein wird, und auch bis zur Hervorbringung denkender Wesen fortgeschritten sein mag. Was wir auf unsern Nachbarwelten in dieser Richtung beobachten können, giebt freilich dafür keine sichern Anhaltspunkte.

Die beiden der Sonne nächsten Planeten Merkur und Venus sind für das Studium ihrer Oberfläche und Luftbeschaffenheit keine günstigen Objekte. In den Zeiteu, wo sie uns am nächsten kommen, kehren sie uns ihre Nachtseiten zu. Zu Zeiten zwar erblickt man undeutliche Zeichnungen auf ihrer Fläche, die aber noch nicht einmal die Frage ihrer Achsendrehungs-Frist zweifellos zu bestimmen erlaubten. Allem Anscheine nach sind die früheren Anschauungen, welche diesen Planeten eine ähnliche Rotationsdauer gaben, wie die Erde sie besitzt, der die Venus im Durchmesser nahekommt, falsch und sie vollenden in den 88 oder 225 Tagen, in denen sie einen Umlauf um die Sonne zurücklegen, nur eine Umdrehung, d. h. sie kehren der Sonne, ähnlich wie unser Mond uns, immer dieselbe Seite zu. Diese zuerst von Schiaparelli dargelegte, in neuerer Zeit besonders von Lowell in Flagstaff (Arizona) unterstützte Wahrscheinlichkeit, würde einem Leben, wie es die Erde besitzt, nicht günstig sein: nur die Sonnenseite könnte grüne Pflanzen und Lichtthiere nähren, die andere in ewige Nacht gehüllte Seite würde nur Nachtwesen beherbergen können. Ebensowenig scheint sich die frühere Annahme, daß die Venus meist mit dicken Wolken bedeckt sei, deren starke Lichtzurückwerfung dem Morgen- und Abendsterne seinen vielbesungenen ruhigen Glanz gäben, zu bestätigen. Lowell konnte im Spätsommer 1896 täglich die Karte der Venus erkennen und eine

Menge Oertlichkeiten daselbst verzeichnen, deren Namen er der griechisch-phönicischen Venus-Mythologie entnahm. Die Atmosphäre scheint aber dicht und deshalb stark Licht zurückwerfend zu sein, die Scheibe zeigt ein allgemeines Strohgelb, aus dem sich die Gebirgszüge etwas grauer hervorhoben. Nach Trouvelot würden einige Rand-Unregelmäßigkeiten, die man schon früher an den Hörnern der Venussichel bemerkt hatte, von sehr hohen Bergen herrühren, die ihre Gipfel über den dichteren Theil der Atmosphäre hinausstrecken. Lowell erhielt den Eindruck kahler, von der Sonne ausgetrockneter Landstrecken, über die sich das Gebirgssystem erhebt, einer „dürren, schweigenden und stummen Einöde", Spuren von Eiskappen an den Polen, wie beim Mars, sah er nur einmal unsicher. Vieles Aufsehen hatten in jenen Zeiten, wo man noch alle Planeten mit menschenähnlichen Wesen bevölkerte, eigentümliche Lichtentwickelungen auf der Nachtseite der Venus erregt, d. h. in dem dunklen Theil der Sichelgestalt, die Venus und Merkur gleich dem Monde annehmen. In diesem phosphorischen Schein, der besonders stark 1756 und 1802 auftrat, glaubte Gruithuisen eine allgemeine Freuden-Illumination beim Antritt der Regierung eines neuen Venuskaisers erkennen zu sollen; heute vermuthet man meist in diesen periodischen Lichtentwicklungen unsern Polarlichtern analoge, von den Sonnenstürmen geweckte Erscheinungen. Der Merkur schied um so mehr aus der Gruppe der Planeten, „für die man sich interessiren konnte", je offenbarer bei ihm der Mangel einer erkennbaren Atmosphäre wurde.

Je entschiedenere Mißerfolge die Weltbevölkerungs-Bestrebungen bei den innern Planeten gehabt hatten, mit desto kühneren Hoffnungen wendeten sich die Kosmopoliten in neuerer Zeit dem ersten äußeren Planeten, dem Mars zu, obwohl Fontenelle ihn kaum eines Besuches werth gehalten, weil er der Erde in allen seinen Verhältnissen gar zu ähnlich sei. Eben diese Aehnlichkeiten haben der „Bruderwelt" der Erde in jüngster Zeit die größte Aufmerksamkeit eingetragen; die Astronomen haben die letzten Annäherungen des Mars, der seiner elliptischen Bahn wegen uns bekanntlich in seinen Gegenüberstellungen (Oppositionen) manchmal beträchtlich näher kommt und dann viel mehr Einzelheiten zeigt, als zu anderen Zeiten, weidlich ausgenützt, namentlich in den Jahren 1877, 1892 und 1894. Von den phantastischen Schilderungen eines Flammarion und ähnlicher „Dichter-Astronomen" angeregt, wurden aus Laienkreisen ansehnliche Stiftungen vornehmlich zur Marsbeobachtung ausgesetzt, und die Sternwarte von Arequipa auf der Hochebene von Peru, wurde wesentlich zur Marsbeobachtung von ihrem Begründer bestimmt. Auch die nordamerikanischen Lick- und Arizona-Observatorien mit ihren Riesenteleskopen haben bisher hauptsächlich als Mars-Warten dienen müssen. Eine reiche Dame, die durch Flammarions Schilderungen fest von dem Vorhandensein intelligenter Marsbewohner überzeugt war, vermachte eine beträchtliche Summe der Pariser Akademie zum Zwecke der Anbahnung eines Verkehrs mit denselben, natürlich zunächst

Mars-Aufnahmen nach Schiaparelli.

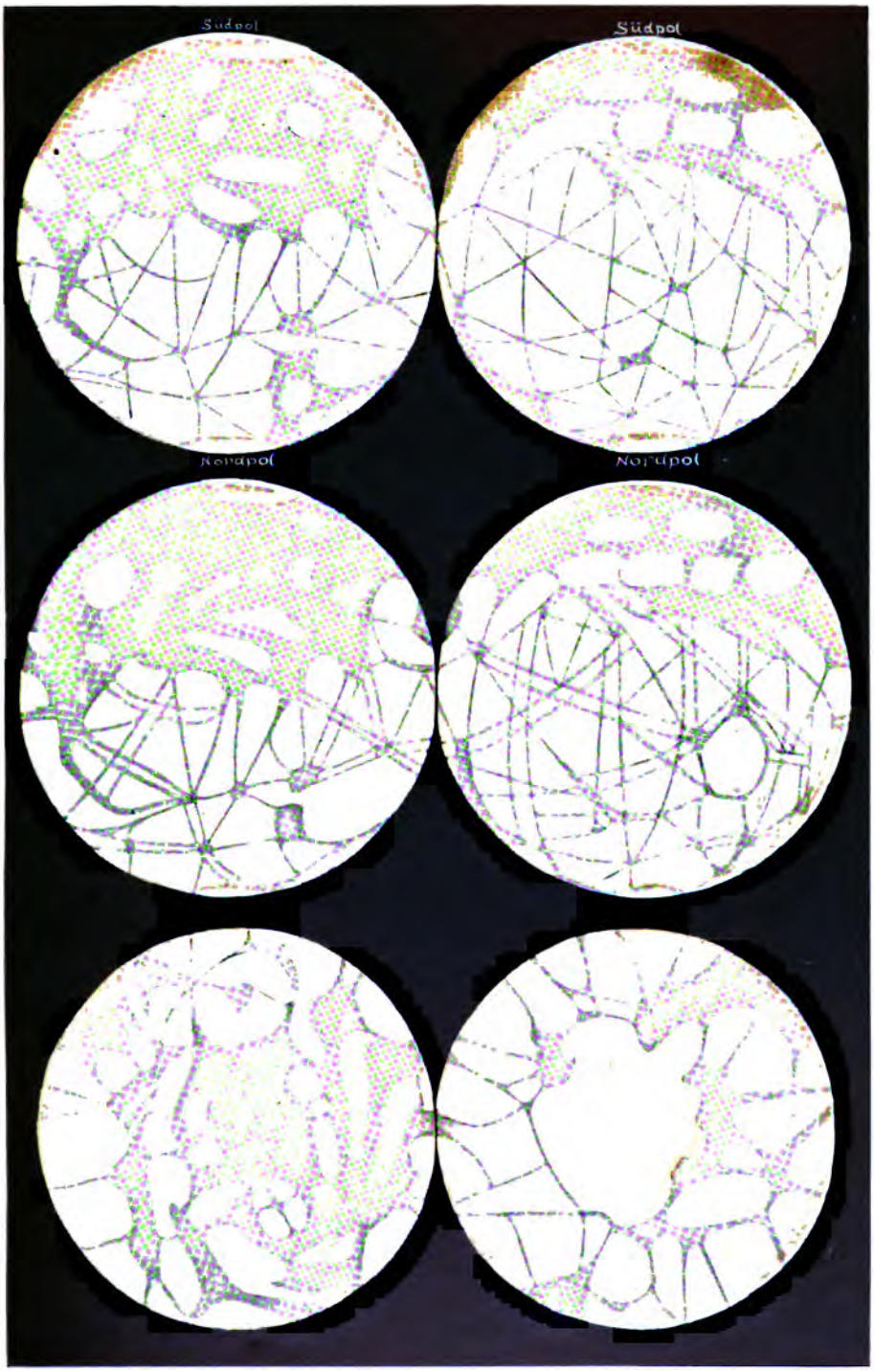


Fig. 1, 2. Die Halbkugeln in den Beobachtungsjahren 1877–1888.
Fig. 3, 4. Verdoppelung der „Kanäle" (1882 und 1888).
Fig. 5, 6. Süd- und Nordpolarländer während der Opposition 1879.

mittelst Lichttelegraphie. Die Ursache so bestimmter Hoffnungen gründete sich im Wesentlichen auf die eigenthümliche Zeichnung der von Schiaparelli mit besonderer Schärfe entworfenen Marskarten, welche seine Oberfläche von einem Netze sich kreuzender, vorwiegend gerader Linien durchfurcht zeigen, und die Idee gewaltiger Kunststraßen wecken, wie ein Blick auf die beifolgende Marstafel ergiebt. Die nur selten und vorübergehend an einzelnen Stellen getrübte Atmosphäre des Mars läßt auf dem vorherrschend röthlichgelben Grunde erkennen, daß diese Linien größere Flecken von graublauer oder grünlicher Färbung verbinden, die man ähnlich wie gewisse Mondflecken für Meere oder überschwemmte Flächen angesehen hatte, und man nannte deshalb die Verbindungslinien Kanäle. Im Zusammenhange mit den schneeweiß erglänzenden „Eiskappen", welche die Pole des Mars bedecken, und abwechselnd sehr beträchtlich an Größe zu oder abnehmen, je nachdem der betreffende Pol im Laufe des Marsumlaufes Sommer oder Winter hat, war man geneigt, ein künstliches Abflußsystem in diesen Kanälen zu erkennen, das bestimmt sei, die Wassermassen nicht nur ohne Gefahr von der derzeitig mit Schmelzwasser überflutheten Marshalbkugel abzuleiten, sondern zugleich die dürre liegenden Aequatorialgegenden zu befruchten. Da es Wolkenniederschläge auf dem Mars, dessen ewig klarer Himmel eben alle diese Einzelheiten unsern Blicken enthüllt, nicht in irgend welchem bedeutenden Umfange geben kann, so erschien eine solche Ausnützung des Polareis-Schmelzwassers als das einzige Mittel, diese Welt bewohnbar zu erhalten. Ingenieure und Wasserbaumeister begeisterten sich für die alle ähnlichen irdischen Werke weit übertreffende Großartigkeit der Anlagen; sie ermittelten die Plätze gewaltiger Sammelbecken, Schleusen und Pumpwerke und zogen daraus Schlüsse auf eine die unsrige weit überragende Intelligenz der Marsbewohner, denen ein so ruhmreiches Werk geglückt sei, wonach der Schluß, daß wir dahin streben müßten, mit einem so vorgeschrittenen Kulturvolke in Verbindung zu treten, nur als berechtigtes Bedürfniß erscheinen konnte.

Die Gegner solcher Phantasien wiesen vergeblich auf das Gigantische solcher Werke hin, da manche dieser Kanäle dem vierten Theile eines Marsmeridian an Länge gleichkommen und eine Breite bis zu 200 km erreichen. Wäre aber eine dieser gradlinigen Wasserstraßen von intelligenten Wesen erbaut, so müßte man von allen das Gleiche annehmen. Aber auch die von Schiaparelli befürwortete Annahme, es möge sich um eine geologische Bildung, um ein System sich kreuzender Sprünge und Klüfte des Mars handeln, wie man es künstlich erzeugen kann, wenn man einen hohlen Gummiball mit einem Gypsüberzuge versieht und dann langsam erwärmt oder in einen luftverdünnten Raum bringt, Sprünge, die nachher von selbst oder mit geringerer Nachhülfe in Wasserläufe verwandelt sein könnten, befriedigt nur mäßig, und wenn nicht die Thatsache vorhanden wäre, daß die Eiskappen der Pole sich in schnellem Wechsel verkleinern und vergrößern,

würde man der Kanalmeinung weniger Gewicht beimessen dürfen. Aber diese weißen Polflecken sind seit mehr als 200 Jahren regelmäßig gesehen worden, und haben oft eine bedeutende Ausdehnung, obwohl man sie in ihrer vollen Ausbildung nicht mehr sehen kann, weil dann der betreffende Pol in die Winternacht getaucht und nicht sichtbar ist. Die Polaransichten auf beifolgender Tafel aus der Oppositions-Periode von 1879 zeigen den weißen Fleck des Südpolgebietes bis auf einen sehr kleinen Bezirk zusammengeschmolzen, während der Nordpol bis zum 70. Grad unsichtbar war, obwohl zum Theil weit über diese Zone hinausgehende Ausläufer annehmen ließen, daß ein großer Theil des als unerforschbare Region weißgelassenen Nordpolar-Gebiets seine weiße Decke noch mehrere Monate nach Mitwinter besaß. Dann in der Frühjahrs- und Sommer-Periode des betreffenden Pols, bildet sich eine immer anwachsende dunkle Umrahmung des gleichzeitig kleiner werdenden weißen Polarfleckes, die als Meer oder Ueberschwemmungsgebiet zu deuten naheliegt. Der Südpol ist stets von einem solchen Meere, dem fast ein Drittheil der Marsoberfläche einnehmenden, mit vielen ovalen Inseln durchsetzten Südmeer (mare australe) umgeben, und im Jahre 1894 verschwand sein weißer Fleck, was früher noch nie beobachtet worden war, gänzlich.

Gegen die Deutung der dunklen Flecke als Meere haben Philipps und Taylor seit längerer Zeit geltend gemacht, daß man in denselben, wenn sie wirklich Wasser enthielten, von Zeit zu Zeit Sonnenbilder aufblitzen sehen müßte, und Lowell, einer der nächst Schiaparelli emsigsten Marsbeobachter unserer Tage, will nach den Wahrnehmungen der letzten günstigen Beobachtungszeit (1894), die langen grünlichen Streifen, deren kürzester 600 bis 700 km, die längsten dagegen über 5000 und 9000 km lang sind, nur noch als Vegetationsstreifen ansehen, die im Sommer aufleben, wenn sich die in ihnen unsichtbar verlaufenden Kanäle und Gräben mit Wasser füllen. Damit wäre die Schwierigkeit in Betreff der ungeheuren Breite dieser „Kanäle" gehoben, aber ein neues Räthsel erhob sich, als Schiaparelli die von Zeit zu Zeit auftretende Verdoppelung der Kanäle beschrieb, die dann bald auch von zahlreichen andern mit guten Instrumenten versehenen Marsbeobachtern bestätigt wurde. Sie wurde seit 1879 namentlich im Marsfrühling und Marssommer auf der nördlichen Halbkugel beobachtet (vgl. die zweite Marskarte der Tafel). Der anfängliche Glaube, daß man es mit Parallelbauten der älteren Marskanäle zu thun habe, in dem Sinne der englischen Redensart: ein Fluß sei ein Verkehrsweg, neben dem man einen Kanal anlege, wich der Erkenntniß, daß die nächsten mit dem Fernrohr kaum zu trennenden Doppelkanäle immer noch 50 km, die entfernteren aber bis zu 600 km von einander entfernt seien, so daß eine andere Beziehung als eben der auffällige Parallellauf nicht zu erkennen sei, und daß eine Deutung auf zwei begrünte Ufer eines gradlinigen Wasserlaufes ebenfalls abzuweisen sei. Auf der Erde kommen

ähnliche Parallelbildungen höchstens in den parallelen Strandlinien der Kontinente vor; an eine Neuentstehung auf dem Mars ist um so weniger zu denken, da oft innerhalb weniger Stunden eine vorher nicht sichtbare Verdoppelung eintrat und das Rathsamste bleibt, an eine optische Ursache der Verdoppelung zu denken. Allerdings scheint eine Zurückführung auf ein Doppeltsehen der Linien durch das lange anstrengende Prüfen derselben, welches Antoniadi in London, der Direktor der Marsabtheilung der Britischen astronomischen Gesellschaft soeben (1898) als Erklärung heranzuziehen versucht, so vielen Beobachtern gegenüber kaum statthaft; viel mehr Wahrscheinlichkeit hatte der Erklärungsversuch Stanislaus Meuniers, der die Doppellinien als Schattenbilder der dunkeln Kanalstreifen in einer feinen Nebelschicht der Marsatmosphäre ansehen wollte und sie sogar auf einem durchsichtigen Musselingewebe wahrnehmen konnte, das er in kleiner Entfernung über eine auf glänzendem Metall mit schwarzer Farbe gezeichnete Marskarte ausspannte. Aber auch diese Erklärung ist abgelehnt worden. Einige radikale Gegner der Kanaltheorie, wie Campbell, sprechen der Marsatmosphäre, die höchstens ein Viertel der Höhe unserer Atmosphäre betragen könne, den von den früheren Forschern angenommenen Wasserreichthum, der sich spectroskopisch nicht nachweisen lasse, ab. Die leichten Trübungen über den sparsam vorhandenen Erhebungen des gelblichen Bodens deuten auf einen großen Mangel an Feuchtigkeit und die sogenannten Schnee- oder Eiskappen des Winterpols seien vielleicht nur Winterwolken, die ja auch bei uns sich in einer vorwiegenden Bedeckung der Winterpolarländer bethätigen. Vielleicht fehle dem Mars mit allen seinen Kanälen das Wasser ganz und die Polkappen bestünden aus Kohlensäureschnee! Man sieht, zu welchen Abenteuern eine solche romantische Astronomie führt, und könnte als Abwechselung ebenso die neueste Theorie von Joly in Dublin hinnehmen, der die Kanäle für Krustenbänder ansehen will, welche nahe vorbeistreichende Planetoiden und Monde aus dem jungen Planeten herausgehoben hätten. Nur so ließe sich die strenge Gradlinigkeit vieler Kanäle verstehen. Die beiden 1877 von Asaph Hall entdeckten, aber wie wir hörten, lange Zeit vorausgeahnten Marsmonde, von denen der innere es sehr eilig hat, um nicht in den Mars hineinzustürzen, sind zu klein, um große Veränderungen auf der Marsoberfläche hervorgebracht zu haben, denn sie haben nur knapp 10 km Durchmesser, ihre Oberfläche hat nur die Größe kleinster deutscher Bundesstaaten. Der innere Mond (Phobos) umkreist den Planeten in 7 Stunden 40 Minuten und überholt ihn also, da er zu einer Umdrehung 24,6 Stunden braucht, dreimal in einem Tage, wobei er zweimal im Westen auf- und im Osten untergeht, und der äußere Mond (Deimos), der seinen Umlauf mit einiger Verspätung in 30 Stunden vollendet, und stets mehrere Tage nach einander am Himmel sichtbar bleibt, durchläuft in einem Marstage sämmtliche Phasen vom ersten Viertel bis zum Neumond, um am nächsten Tage wieder von vorn anzufangen.

Gegen die Annahme eines völlig trocknen Mars, dessen Natur sich der unseres Mondes beträchtlich nähern würde, spricht indessen die starke Veränderlichkeit seiner Oberflächenbildungen. Schon in der kurzen Zeit des genaueren Marskartenstudiums sind in der Bildung der Kanäle und Meere so bedeutende Veränderungen bemerkt worden, daß man sie nicht auf Ungleichheit der Beobachtungsfähigkeit, der benutzten Fernröhre oder der Luft-

Fig. 18.
Das Marsauge (Lacus Solis) nach aufeinander folgenden Aufnahmen.
1. Kaiser 24. October 1862. — 2. Schiaparelli 26. September 1877. — 3. Schiaparelli 11. November 1879. — 4. Hussey 17. August 1892. — 5 Guiot 6. September 1892. — 6. Brenner 14. September 1894. — 7. Williams 23. September 1894. — 8. Cammell 27. September 1894. — 9. Antoniadi 1. November 1894.
Nach einer Zusammenstellung in „Knowledge“ (1895).

klarheit schieben kann. Dies drückt sich besonders in den aufeinanderfolgenden Zeichnungen der Form und Umgebung des Sonnensees (Lacus Solis) aus, eines sehr charakteristischen ovalen „Sees“, von der Größe unseres Schwarzen Meeres auf der Süd-Hemisphäre, welcher von einer breiten hellen Zone umgrenzt, den ältern Astronomen als die Pupille des „Marsauges“ erschien. Unsre Figur 18 zeigt die Wandlungen dieses auf den

Karten 1 und 2 der Marstafel an der Grenze beider Halbkugeln durchschnittenen Marsauges im Verlaufe weniger Jahre, wobei nicht nur der See (die dunkle Pupille) durch helle Brücken durchkreuzt, sondern auch die Kanäle der Umgebung mannigfach verändert erschienen. Wasserfluthen bieten sich uns immer noch als die verständlichsten Urheber solcher Veränderungen, wenn man sie nicht Beobachtungsfehlern zuschreiben kann, und es bleibt uns der Eindruck einer sumpfigen, see- und inselreichen Welt von geringer Beständigkeit der Umrisse, deren Bewohntsein von intelligenten Wesen noch lange nicht über die letzten Zweifel erhoben werden konnte.

Einige Himmelskundige sind mit ihrem Bedürfnisse, fühlenden Mitsonnenbrüdern und Schwestern wenigstens im Geiste die Hand reichen zu können, bereits so weit herabgestiegen, daß sie mindestens auf einigen Jupitersmonden Stellen für geistige Colonisationsbestrebungen entdeckt und uns sogar mit Bildern erfreut haben, wie fürchterlich ihnen der Jupiterskoloß neben der stark verkleinerten Sonne erscheinen müßte. Diese Gemüthsergötzungen sind rein geistiger Natur, und in keiner Weise mit dem Auge verfolgbar; unser eigener Begleiter und nächster Nachbar auf der Jahresreise, der Mond, ist glücklicherweise von allen solchen Träumereien entlastet worden, nachdem man mit steigender Sicherheit die schon von den Alten aus der immerwährenden Klarheit seines Antlitzes geschlossene Thatsache erkannt, daß er keine oder nur eine höchst dünne atmosphärische Hülle und somit auch kein tropfbar flüssiges Wasser an seiner Oberfläche besitzt. Natürlich gilt das nur für den gegenwärtigen Zustand; in früheren Zeiten kann der Mond recht wohl eine dichtere Atmosphäre und auch fließendes Wasser an seiner Oberfläche besessen haben, und Pickering wollte unlängst auf der Arequipa-Sternwarte, die sich einer sehr durchsichtigen Atmosphäre erfreut, deutliche Spuren alter Flußbetten mit allen Kennzeichen der irdischen erkannt haben. Wie es sich aber auch damit verhalten möge, die Beobachtung zeigt unwidersprechlich, daß von einer ehemaligen Atmosphäre nur noch geringe Reste vorhanden sein können, und daß Luft und Wasser jetzt jedenfalls größtentheils von der Mondmasse aufgesaugt und an feste Bestandtheile gebunden sein müssen, ein Zustand der Starre, der uns die Zukunft andrer Monde und Planeten vor Augen stellt. In einer solchen luft- und wasserlosen Welt, in deren Gashülle vielleicht nur einige der jüngst entdeckten verbindungsunlustigen Gase: Argon, Helium, Krypton dem Stickstoff Gesellschaft leisten, Sauerstoff aber fehlt, kann selbstrebend ein organisches Leben, wie wir es uns allein vorzustellen vermögen, nicht fortdauern, auch die Temperaturgegensätze des zweiwöchentlichen Tages und der ebenso langen Nacht des Mondes dürften so gewaltig sein, um jeden Gedanken an den Widerstand selbst niederster Lebensformen zu tilgen.

Mit diesem Mangel an Luft und Wasser, den beiden die Erdoberfläche beständig zernagenden und umwandelnden Stoffen unsrer flüssigen und luftförmigen Hülle, hängt aber die geringe Veränderlichkeit der Mondober-

fläche durch Verwitterung und Abtragung (Erosion und Denudation) zusammen, so daß sich der Mond in ursprünglicher Reinheit des Gepräges, wie eine „Schöpfungsmedaille“ aus uralter Zeit darstellt. Sollte er nicht einen Anblick festhalten, den die Erde auch einmal, wenigstens auf ihren Festlandsflächen dargeboten hat, und so die Ansicht der Alten, daß das Mondbild die Erde spiegele, in einem anderen Sinne bewahrheiten? Der

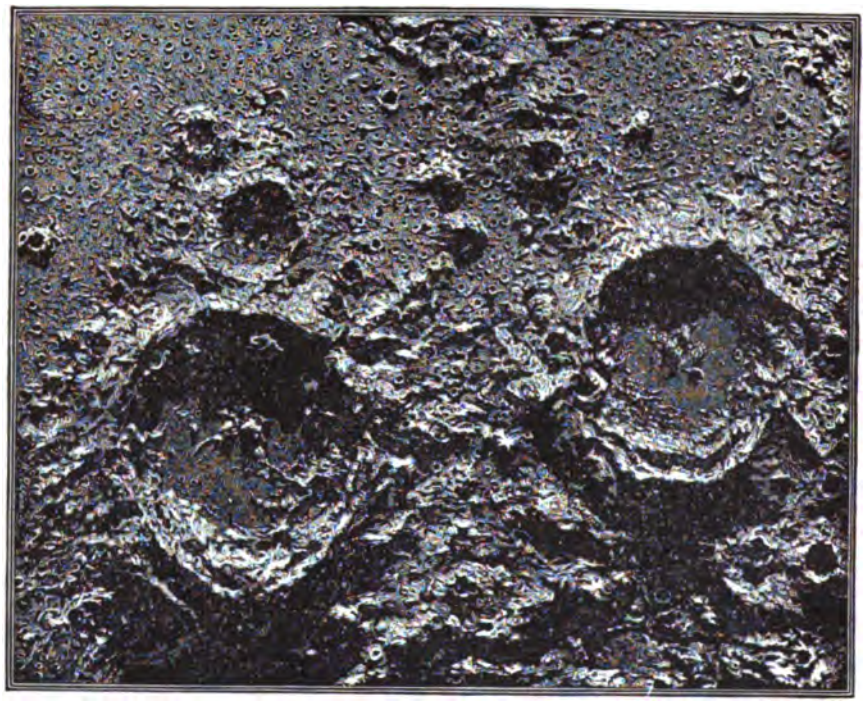


Fig. 19.
Mondlandschaft in der Gegend der Krater Eudoxus und Aristoteles.

Mond zeigt uns, namentlich in seinen neueren photographischen Aufnahmen (man vergleiche die Mondtafel) ein ungemein fleckiges, runzelvolles und sozusagen pockennarbiges Gesicht, besonders in seinen jungen und alten Tagen, vor dem ersten und nach dem letzten Viertel, wenn die schief darauf fallenden Sonnenstrahlen sein Relief kräftig hervorheben und die Berge lange Schatten werfen. Schroff erheben sich vereinzelte Bergketten, mit Gipfeln, die bis über die Höhe des Montblanc aufragen, die Mondalpen und Mondapenninen und die Ebenen sind von oft viele Meilen daherlaufenden halbmeilenweit gähnenden Klüften durchzogen; weite, ländergroße, dunkle Flecke, die das „Gesicht“ oder den „Mann“ im Monde bilden, werden auf den Mondkarten als „Meere“ bezeichnet, obwohl sie kein Wasser enthalten, aber

S.

W.

O.

N.

Der zunehmende Mond im Alter von 226 Stunden 7 Minuten, wie er sich im umkehrenden Fernrohr darstellt.
Nach einer Aufnahme von Mr. T. Lewis in Greenwich.

recht wohl den Einsenkungen (Depressionen) entsprechen mögen, welche bei uns die Weltmeere enthalten. Den hervorstechendsten Zug aber liefern die unzähligen Ringberge, die zum Theil umwallte Ebenen bilden, groß genug,

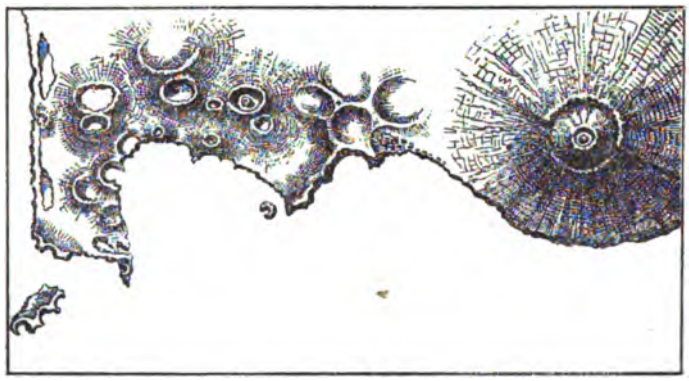


Fig. 20.
Buchten von Bajae und Neapel. Nach Scrope, Vulkane.

um ganzen deutschen Fürstenthümern in ihrem Ringwalle Raum zu bieten, zum größern Theil aber unsern Kraterbergen gleichen, obwohl selbst die kleinsten noch erkennbaren, größer zu sein pflegen, als unsere irdischen Vulkane (vgl. Figur 19). Sonst gleichen sie denselben aufs Täuschendste. Ein hoher, kreisförmiger, nach innen steil, nach außen sanfter geböschter Wall umgiebt eine rundliche Vertiefung, die fast ausnahmslos unter das Niveau der umgebenden Ebene sinkt und in deren Innern sich häufig ein oder mehre Kegelberge erheben, gleich dem Vesuv in der Somma.

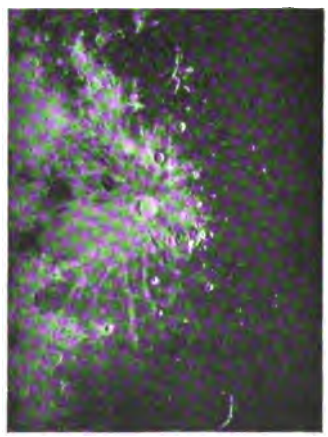


Fig. 21.
Copernicus mit Umgebung. Nach Aufnahmen von Paul und Prosper Henry.

Man hat daraus eine Bildungsart des Mondes abgeleitet, deren Grundzüge kurz folgende sind: Die anfangs feuerflüssige Mondkugel habe sich mit großen Erkaltungskrusten bedeckt, die allmälig zusammenstießen und einen festen Panzer bildeten, aus dem sich, je mehr er sich zusammenzog, gelegentlich große Blasen erhoben, deren Zusammenfallen die großen Ringwälle und Wallebenen zurückließ. Ihre Größe erkläre sich durch die kaum $^1/_6$ der irdischen betragende Schwere an der Mondoberfläche und den sehr stark verminderten Atmosphärendruck daselbst, womit auch die stolze Höhe

der kleineren Kraterberge in Verbindung gebracht wird. Ebenso stiegen über den durch das Einsinken des sich zusammenziehenden Mondinnern entstandenen Falten einzelne Bergketten empor, denen große Einsenkungen an andern Stellen, die sog. „Meere" entsprachen, kurz alles verlief so, wie man sich die Veränderungen der Erdoberfläche durch innere Kräfte in den ältesten Zeiten ausmalt, nur daß auf dem Monde alles so stehen blieb, wie es sich allmälig gebildet hatte, während auf der Erde Luft und Wasser, Wellen und Winde beständig geschäftig waren, die alten Züge des Erdantlitzes zu verwischen und es immerfort zu verjüngen.

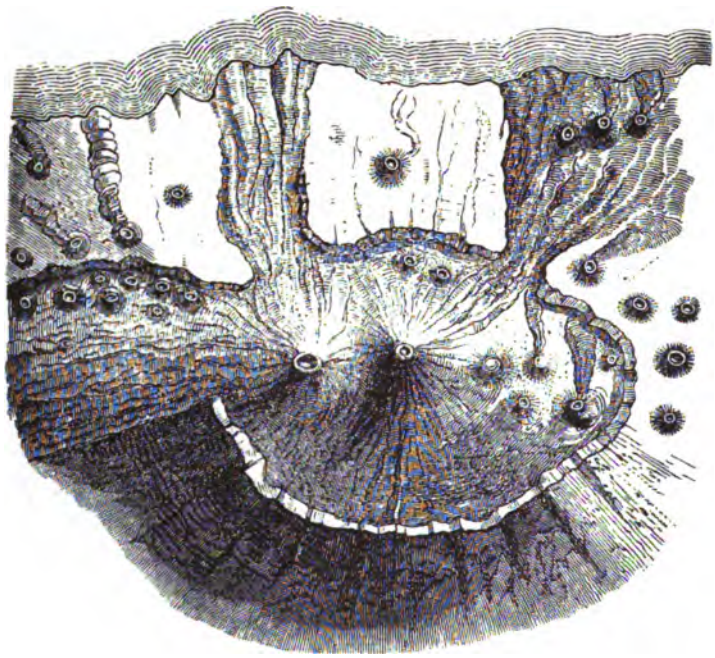


Fig 22.
Pic von Teneriffa und Chahorra aus der Vogelperspektive von Scrope.

Es ist nicht zu leugnen, daß die herrschende Partei der Mondvulkanisten den Augenschein durchaus für sich hat, wenn sie den Mond für einen mit zahllosen vulkanischen Kratern bedeckten Weltkörper ansieht, und den Umstand, daß die Erde nicht so zahlreiche Eruptionsstellen des Innern aufzuweisen hat, damit erklärt hält, daß eben der stärkere Atmosphärendruck der Erde diese Ausbrüche mehr zurückhielt. Betrachtet man eine irdische Vulkangegend, wie z. B. die Buchten von Bajae und Neapel (Figur 20) aus der Vogelperspektive, so erhält man ein gewissen Theilen der Mondoberfläche ziemlich ähnliches Bild, und auch viele Einzel-

züge, wie z. B. die hellen Strahlen, die von einzelnen Mondkratern, z. B. dem großen der Mitte des Vollmondes nicht allzu entfernt stehenden Copernicus (Fig. 21) ausgehen, lassen sich den großen Lavaströmen vergleichen, die von manchen irdischen Vulkanen nach allen Seiten herabrannen, und die ihre glänzende Schmelzoberfläche auf dem Monde erhalten haben mögen, weil die Verwitterung so viel geringer war. Wenn man damit eine Vulkan-Aufnahme aus der Vogelperspektive, z. B. des Pic von Teneriffa und seines Nachbars mit den zahlreichen Lavaströmen, die sich aus den Kratern ergießen, vergleicht, wird sich die Aehnlichkeit kaum verkennen lassen.

Allerdings hat die Theorie vom vulkanischen Ursprunge der Mondkrater auch lebhaften Widerspruch gefunden, seit Gruithuisen sie vor etwa

Fig. 23. Fig 24.
Künstliche Mondkrater von Hermann Allsdorf. (Nach Gäa 1898.)

60 Jahren zuerst angegriffen. Wirkliche Mondvulkane hätten bei der dort geringeren Schwerkraft fünfmal höher ausfallen müssen, als die irdischen und dem Monde die Gestalt eines Igels verleihen müssen, wenn die Vulkan-Theorie richtig wäre, meinte er. Seine Auffassung von der Bildung der Weltkörper war eine von der herrschenden sehr verschiedene; er glaubte, wie in neuerer Zeit Freiherr von Nordenskjöld, daß dieselben nicht aus einem feuerflüssigen Urzustande hervorgegangen, sondern durch Vereinigung fester kosmischer Massen, seien es nun Meteorstaub oder feste Meteoriten, entstanden seien. Dem zweiten Theile dieser Ansichten, daß die sogenannten Mondkrater durch den Aufprall kosmischer Massen entstanden seien, haben sich zahlreiche Naturforscher, Astronomen und Techniker, welche nicht an die vulkanische Natur und Entstehung derselben glauben konnten, angeschlossen und mehrere derselben, wie Althans (1839), Meydenbauer

(1877) und in neuester Zeit Hermann Alsdorf (1897) haben experimentell gezeigt, daß durch den Aufprall einer festen Kugel auf eine teigige oder pulvrige Masse thatsächlich Oberflächenbildungen entstehen, die mit den sogenannten Mondkratern die größte Aehnlichkeit darbieten. Die erstgenannten Forscher arbeiteten mit teigigen Massen (Mörtel, Lehm u. dergl.), auf die sie metallene oder andere Kugeln fallen ließen, Alsdorf mit flach ausgebreiteten pulvrigen Stoffen (Mehl, Lycopodium, Gypspulver), auf die er einen elastischen Körper (Gummiball, Baumwollenknäuel) fallen ließ, um den Rückstoß zu erzeugen, der die Centralberge der Wälle aufwirft, was in Wirklichkeit durch den Zusammenprall erzeugte vergaste Massen bewirkt haben würden. Fig. 23 und 24 zeigen zwei solcher von Alsdorf künstlich erzeugter „Mondkrater" nach photographischen Aufnahmen, von denen Fig. 24 auch die radialen Strahlen so vieler Mondkrater aufweist. Die Gerechtigkeit erfordert übrigens, hervorzuheben, daß auch durch Gasentwicklung im Innern geschmolzener Massen, z. B. durch sogenanntes spratzendes Silber, welches beim Schmelzen Sauerstoff aufnimmt, mondkraterähnliche Bildungen künstlich erzeugt werden, die für die Richtigkeit der Vulkan-Theorie angerufen werden können. Der Zukunft muß es überlassen bleiben, zu entscheiden, welcher von den einander gegenüberstehenden Ansichten die größere Wahrscheinlichkeit innewohnt. Aber wenn wir schon über die Bildungsweise und geologische Beschaffenheit unseres nächsten, wie ein offenes Buch vor uns aufgethanen Nachbarn im Weltraume so wenig Sicheres zu ermitteln vermögen, wie viel weniger dürfen wir hoffen, über die uns in so viel größerer Ferne liegenden Marsfragen zur Klarheit zu gelangen! Die zahlreichen, in den letzten Jahren erfolgten Entdeckungen neuer Elemente, des Argon, Metargon, Helium, Neon, Krypton u. s. w. müssen uns überhaupt daran gemahnen, daß wir bisher ebenso wenig alle bei Weltbildungsvorgängen ins Spiel kommenden Stoffe, wie deren Verhalten bei hohen Hitzegraden kannten. Mehrere dieser Elemente wurden vorher spektralanalytisch in den Gestirnen erkannt, dann erst in der irdischen Atmosphäre, in Mineralien, Quellengasen, in vulkanischen Ausströmungen nachgewiesen, wie z. B. das Helium, welches in der Sonne und in Fixsternen (vgl. S. 35) vorkommt, das Coronium, welches in der Sonnen-Corona entdeckt wurde, das Metargon, dessen Linien man in der Sonnen-Atmosphäre und im Lichte verschiedener Kometen erkannt haben will, aber bisher von Kohlenstoff-Verbindungen herleitete. Noch manchen Überraschungen der Astro-Physik und Chemie dürfen wir mit Bestimmtheit entgegensehen.

II.

Aus dem Tagebuche der Erde.

Oftmals hat sich gewandt auf Erden der Gegenden Schicksal,
Ich sah selber als Meer, was fester und trockener Boden
Vormals war; ich sah aus Wogen gewordene Länder,
Fernab lagen vom Meer in die See einheimische Muscheln.
Ovid, Metamorphosen XV. 261—264.

Ueber die Erdbildung sind, wie seit jeher, auch in der neueren Zeit die verschiedenartigsten Ansichten ausgesprochen worden. Es hat nicht an Kosmologen gefehlt, die daran zweifeln, daß die Erde jemals durch einen feuerflüssigen Zustand hindurch gegangen sei, wie denn Nordenskjöld sie am liebsten für ein Ballungserzeugniß des im weiten Raume zerstreuten Meteorstaubes ansehen möchte, während Andre meinen, sie sei in fester Gestalt aus einem heißen dampfförmigen Urzustand herauskrystallisirt. Aber wenn man gerecht sein will, muß man eingestehen, daß alle diese Hypothesen sehr viel weniger Wahrscheinlichkeit besitzen, als die bisher auch in diesen Blättern festgehaltene, die noch mit allen bis jetzt bekannten Thatsachen in Einklang gebracht werden konnte. Nach dieser an die Nebularhypothese sich anschließenden Theorie hat die Erde zur Zeit ihrer Lostrennung von der Sonne ebenfalls die Gestalt einer Dampflinse von ungeheurer Ausdehnung besessen, denn noch als sich der Mond loslöste, muß ihr Durchmesser ca. 104000 Meilen, ihre Umdrehungsgeschwindigkeit aber fast nur den dreißigsten Theil der heutigen betragen haben, wie eben dieser Trabant beweist, der die damalige Geschwindigkeit der Erdumdrehung bewahrt hat. Die frühere Erdgeschwindigkeit vermehrte sich aber mit der bei den kleineren Planeten natürlich schneller als beim Jupiter, Saturn u. s. w. fortschreitenden Abkühlung und Zusammenziehung. Auch die Erde wird für ihre nähern Nachbarn vielleicht nacheinander das Aussehen eines kleinen bläulichen, dann gelben und endlich röthlichen Sternes dargeboten haben, ehe sie aufhörte, mit eigenem Lichte zu leuchten. Ja wahrscheinlich erscheint sie noch jetzt etwaigen äußern Beobachtern zuweilen als röthlicher Stern, wie der in den meisten Beziehungen ihr ähnliche Mars beständig, aber nunmehr nur, weil das von beiden zurückgeworfene Sonnenlicht, bei dem zweimaligen Durchgange durch ihre Atmosphären, falls sie nicht mit Wolken

oder Nebel belastet sind, die blauen Strahlen einbüßt, die ihre Himmelswölbung färben.

Unter dem Druck einer schweren Atmosphäre würden sich erst die dichtesten Stoffe der Planeten um den Mittelpunkt der Nebelkugel zu einer Flüssigkeit gesammelt haben, dann mußten nach und nach durch ihren unausgesetzten Wärmeverlust gegen den eisig kalten Weltraum auch die minder schweren folgen, so daß allmälig ein glühender Weltentropfen von stufenweise gegen den Mittelpunkt zunehmender Dichtigkeit entstanden wäre. Es ist dies die wahrscheinlichste Annahme, zumal wir ja dem Erdkern eine viel größere Dichte zuschreiben müssen, als der Schale, da die mittlere Dichte der Erde viel größer (ca. 5,525) gefunden wird, als die des Wasser-, Fels- und Erdmantels, deren Dichtigkeit kaum halb so groß ausfällt, weshalb an einen metallenen (vorwiegend eisernen) Kern der Erde gedacht wird. Wenn wir der Annahme des feuerflüssigen Ursprungs getreu bleiben, für den auch die gleichmäßige Zunahme der Erdwärme nach der Tiefe spricht, so müssen wir uns denken, daß dann zunächst die ersten schollenartigen Anfänge einer festen Kruste auf der flüssigen Gluthoberfläche erschienen, die sich, anfangs frei umherschwimmend, allmälig mit einander vereinigten, und so einen immerfort an Stärke zunehmenden Panzer bildeten, der wohl ab und an durch Spalten oder gewaltsame Eröffnungen ein Austreten der flüssigen Masse gestattete, aber nur, um sich durch Auflagerung derselben zu verstärken.

Welcher Zeitraum verflossen sein mag, von dem Tage, an welchem die Sonne dieses Fleisch von ihrem Fleisch in die kalte Welt hinausgeworfen, von jenem ersten, über einen Monat langen Erdentage bis zu dem, wo ihre Gluthstrahlen zum ersten Male einen harten, festumgürtenden Panzer trafen, dürfte schwerlich je einer Berechnung zugänglich werden; es hat mindestens, wie wir zu sagen pflegen, eine halbe Ewigkeit gedauert. Dagegen hat man das Alter der mit fester Hülle versehenen Mutter Erde allen Ernstes zu bestimmen gesucht und dabei Annäherungswerthe erhalten, die bei einer so naheliegenden Frage mit allem Vorbehalt mitgetheilt werden mögen. Ueber die Zeit, in welcher die Erdveste ihren Namen zu verdienen begann, ist nämlich ein freilich etwas später ausgefüllter Taufschein in ihrer Abplattung übrig geblieben. Die Erde ist bekanntlich um fast $^1/_{300}$ ihrer Drehungsachse an den Polen abgeplattet; die Stärke der Abplattung einer rotirenden Kugel aus weicher Masse richtet sich aber nach der Schnelligkeit ihrer Umdrehung, und wird sich mit derselben so lange verändern, bis das Entstehen eines harten Schalengerüstes ein weiteres Nachgeben verhindert. Man kann also diese Abplattungsgröße mit einiger Wahrscheinlichkeit als ein versteinertes Merkmal der Umdrehungsdauer zur Zeit ihres äußerlichen Erstarrens betrachten. Denn daß die obige Größe keinenfalls der heutigen Dauer eines Erdentages entspricht, vielmehr bei der Annahme, daß die Dichtigkeit der Erde gegen ihren Mittelpunkt erheblich zunehmen muß, fast

doppelt so groß ist, als sie diesen Voraussetzungen gemäß sein müßte, fand bereits der berühmte Physiker und Mathematiker Huygens. Es scheint daraus zu folgen, daß die Umdrehung ehemals viel schneller gewesen sein müsse, und daß im äußersten Falle die Tage, in denen sich jene Abplattungsgröße feststellte, nur etwas über siebenzehn Stunden lang gewesen sein können.

Nun glaubte zwar Laplace gefunden zu haben, daß sich die Tageslänge, seit Hipparch seine astronomischen Beobachtungen aufgezeichnet hat, nicht um den hundertsten Theil einer Sekunde verlängert haben könne, allein neuere Astronomen, Hansen, Adams und Delaunay wiesen mit überzeugender Sicherheit nach, daß sich allerdings innerhalb der jüngst verflossenen zwei Jahrtausende, seitdem man genauere astronomische Beobachtungen angestellt hat, die Tagesdauer um den 85. Theil einer Sekunde verlängert haben müsse. Der Königsberger Weltweise hatte bereits vor 144 Jahren, obwohl damals noch keine astronomischen Beobachtungen zu einer solchen Annahme Veranlassung gaben, eine Ursache ausfindig gemacht, die eine beständige, wenn auch geringe, Verlangsamung der Erdumdrehung zur Folge haben mußte, nämlich das der Erdbewegung entgegengesetzte Fortschreiten der Fluthwelle, welche die Mond-Anziehung hervorruft. Nehmen wir an, daß diese auch von neuern Forschern anerkannte Widerstandskraft gleichmäßig dahin gewirkt habe, in jedem Jahrtausend den Tag um $^1/_{170}$ Sekunde zu verlängern, so würde der Zeitpunkt, in welchem sich das heute meßbare Abplattungsverhältniß verewigte, höchstens um vier Milliarden Jahre rückwärts zu datiren sein. J. Klein, der diese Rechnung zuerst angestellt hat, will nur die Hälfte dieser Zeit als Alter der festen Erdkruste annehmen, aber ich glaube, er hat dabei die beschleunigende Wirkung der ferneren Zusammenziehung außer Acht gelassen, die diesen Zeitraum noch erweitern würde. Es müßte also, wie bei der Sonne, anfangs eine Beschleunigung und nachher eine Verlangsamung der Achsenbewegung eingetreten sein, wenn obige Voraussetzungen richtig sind. Auf einige Millionen Jahre kommt es bei diesen Rechnungen nicht an, es ist aber von größtem Werthe, zu sehen, daß außer den geologischen auch physikalische Gründe zu der Annahme eines ungemein hohen Alters der Erdveste führen.

Die Vorstellungen, welche wir uns von der ursprünglichen Erdkruste machen können, sind um so unbestimmter, als davon schwerlich nachweisbare Spuren auf unsere Zeit gekommen sein dürften. Aus allgemeinen Gründen läßt sich annehmen, daß sie vorzugsweise aus den Verbindungen der Erd- und Leichtmetalle mit Kieselsäure bestanden haben müsse, da die überwiegende Menge der schwereren Metalle nicht an der Oberfläche der feuerflüssigen Kugel gesucht werden dürfte. Auf die kaum gebildete Kruste schlugen sich dann zunächst wohl aus der dampfreichen Atmosphäre die flüchtigen Chlorverbindungen, das Chlornatrium oder Kochsalz, Chlorcalcium, Chloreisen u. s. w., nieder, und in dieser obersten Salzschicht haben wir wahrscheinlich

die Lösung der Frage zu suchen, mit der sich noch das späte Volksmärchen deutend beschäftigte, „warum das Meer salzig ist". Denn salzig scheinen die großen Wasser von Urbeginn gewesen zu sein; erst aus späteren Erd-Epochen bringen zweifellose Süßwasserthiere Kunde von dem Vorhandensein von Süßwasserseen und Flüssen in dem ausgelaugten Boden. Es fehlt im Uebrigen nicht an Naturforschern, die umgekehrt eine allmälige Versalzung der großen Wasserbecken durch Auslaugung der chlorhaltigen Mineralien für wahrscheinlicher halten und sogar die Jahrtausende berechnen, die dazu nöthig gewesen; allein schon in sehr alten Schichten findet man Salzlager als Ueberreste damaliger Salzmeere. Die Scheidung des Festen von dem Flüssigen, welche damals zum ersten Male stattfand, nachdem vorher nur ein allmäliger Uebergang vom tropfbar zum gasförmig flüssigen Zustand vorhanden gewesen, bildet den eigentlichen Inhalt der Kosmogonieen philosophisch geschulter Geister der alten Welt. Lucrez und Ovid schildern uns, wie sich aus dem Chaos die vier Elemente ihrer Schwere nach sonderten, die Erde zu unterst, vom Wasser umflossen, darüber die Luft und hoch oben der Feuerhimmel. Die Gestirne und der ganze sogenannte Feuerhimmel mußten natürlich, so lange die Erde als Mittelpunkt des Weltalls gedacht wurde, mit ihr aus gleichem Schooße hervorgehen, daher dieses Aufsteigen des Feuers, dessen Vorbild die Philosophen und Dichter in dem Emporstreben der Flamme sahen. Wir glauben aber vielmehr schließen zu müssen, daß sich das nach Auffassung der Alten vierte Element langsam, aber ununterbrochen tiefer in den Busen der Erde zurückgezogen hat, aus welchem es sein Dasein noch heute, theils durch die ca. 1^0 C auf je 40 m zunehmende Wärme des Erdinnern und seine Heiß-Wasserquellen, theils auch unmittelbar durch feuerflüssige Boten vermeldet. Den Zeitraum zwischen der Krustenbildung und dem Niederschlag der Wasser dürfen wir uns nicht als ungeheuer ausgedehnt vorstellen; wir sehen in Folge ihrer geringen Wärmeleitungsfähigkeit frisch geflossene Lava, die in Tiefe einiger Zolle noch heftig glüht, sich im Winter auf Island bald mit liegenbleibendem Schnee bedecken, und ebenso können wir uns die mit einer spärlichen Rinde bedeckte Erde bereits von einem warmen Meere, welches zu ihrer ferneren Abkühlung und Verstärkung beitrug, umflossen denken. Gewiß erwuchsen daraus häufige Gelegenheiten zu den heftigsten Kämpfen zwischen Feuer und Wasser, die als Zeugen manche bizarre Felsaufthürmungen auf der Wahlstatt zurückgelassen haben mögen, und immer von Neuem mag der Mond als schlimmer Nachbar, indem er zuerst in dem Feuermeer, dann in dem Wassermeer der Erde gewaltige Fluthen anregte, bedeutende Umwälzungen und Neubildungen veranlaßt haben. Wir dürfen in dem berechtigten Bestreben, alle Erscheinungen der Erdentwicklung durch die jetzt wirkenden ähnlichen Kräfte zu erklären, natürlich nicht so weit gehen, auch die damals vorhandenen kosmischen Verhältnisse zur Grundlage von Betrachtungen und Rechnungen machen zu wollen. Aber einige

allgemeine Wahrnehmungen und Schlüsse drängen sich so bestimmt hervor, daß wir ihnen weder aus dem Wege gehen können noch wollen, zumal sie sonst nicht leicht Verständliches der Lösung näher zu bringen scheinen. Es kann kaum zweifelhaft sein, daß sich ehemals der Mond näher an der Erde und die Erde näher an der Sonne befunden haben, und daß aus diesen Konstellationen gewaltige Rückwirkungen auf die Oberflächenverhältnisse der betreffenden Weltkörper erfolgen mußten, welche das Tempo der damaligen geologischen Veränderungen gewaltig beschleunigt haben. Aus den gegenseitigen „Frictionen", die sich die Weltkörper bereiteten, entstanden Verlangsamungen der Achsendrehung, da die starken Fluthwellen die halbflüssigen Weltkörper bis in's Innerste aufwühlen mußten. Erregte aber der nähere Mond einst viel größere Fluthwellen als jetzt in und auf der Erde, so diese noch unvergleichlich gewaltigere auf ihm selbst, die seine Erkaltung bis in's Herz hinein beschleunigen mußten. Denn dieser, der jetzt einen starren Klumpen ohne Luft und Wasser darstellt, war einst ebenfalls in der Lage, Fluthwellen zu bilden. Helmholtz hat gezeigt, daß die Einwirkung der von der Erde auf dem Monde erzeugten Fluthwellen die Achsendrehung desselben in verhältnißmäßig kurzer Zeit aufzehren mußten, um ihn dann mit seiner erstarrten Lavahochfluth dahin zu bannen, daß er uns seitdem stets dieselbe Seite seiner Kugel zukehrt.

Aber nicht weniger dauernd waren seine Gegenleistungen auf der Erdoberfläche, und wir müssen uns denken, daß er, wie die englischen Naturforscher G. Darwin und R. Ball nachgewiesen haben, hier ehemals eine viel gewaltigere Ebbe und Fluth erzeugte, wozu Springfluthen von heute ungeahnter Größe traten, zumal die Passatstürme in Folge der schnelleren Erdumdrehung damals heftiger wütheten als heute. Wir müssen uns denken, daß unter diesen stärkeren kosmischen und meteorischen Einflüssen die Bildung neuerer Schichten aus den durch Luft und Wasser zernagten älteren Gesteinsmassen in viel schnellerem Schritte als später vor sich gegangen sein muß, und können uns so die Mächtigkeit der ältesten vom Wasser gebildeten Schichten des Erdballs leichter erklären. Noch in verhältnißmäßig späterer Zeit, in der Steinkohlenperiode, scheinen, wie wir sehen werden, starke Hochfluthen innerhalb kurzer Zwischenräume an der Tagesordnung gewesen zu sein. Andererseits muß die unter einer dünnen Decke eingeschlossene Gluth des Erdinnern in den ersten Zeiten häufiger als später sich in Ausbrüchen geltend gemacht haben. Freilich war mit dem Niederschlag der Wasser die Möglichkeit schnellerer Ausstrahlung der übermäßigen Gluth des Erdinnern gegen den eiskalten Weltraum gegeben, denn eine ursprüngliche dichtere Wasserdampfhülle muß die Erde lange wie ein warmer Pelz vor schnellerem Wärmeverlust geschützt haben. Auch gelang es wohl damals zuerst den Strahlen der Sonne und Gestirne, zeitweise wenigstens, die Atmosphäre zu durchdringen, und den Kampf der Elemente zu beleuchten.

Dieser Kampf, aus dem in unendlichen Zeiträumen das gegenwärtig Bestehende hervorgegangen ist, hat zu allen Zeiten Senkungen und Erhebungen hervorgebracht, denn man muß sich das flüssige Erdinnere durch langsames Erkalten allmälig von der ursprünglichen Decke zurückweichend und diese entsprechend nachsinkend denken. Wenn die Wassermenge, deren Mächtigkeit anfangs größer war, als jetzt, wo ein großer Theil von der erstarrten und verwitterten Erdkruste aufgesaugt ist, nicht ehemals das gesammte Erdenrund gleichmäßig bedeckt hat, so erhielt es durch solche Senkungen Veranlassung, abwechselnd den einen und andern Oberflächentheil zu bedecken und so überall ihre ebnende, den früheren Zustand verwischende Thätigkeit auszuüben. Das ewige Meer ist nicht nur, wie wir sehen werden, die Mutter alles Lebens, sondern es ist auch das weltgestaltende Element, und wenn die Plutonisten Recht hatten, den feurigen Ursprung aller Dinge zu verkünden, so waren die Neptunisten nicht weniger im Recht, die Erdoberfläche, wie sie uns heute entgegen tritt, vorwiegend als das Werk des Wassers zu betrachten. Mit nie ruhender Auflösungs- und Zerstörungslust hat es die Produkte der ersten Erstarrung, die Zeugen seiner eigenen gigantischen Kämpfe mit dem Feuer zernagt und zerfressen, die härteren Bestandtheile von den weicheren geschieden, neues Mauerwerk daraus gebildet, und später oftmals, wie Penelope, die Werke seines Schaffens von Neuem zerstört. So haben also auch diejenigen Kosmogonieen Anspruch auf unsere Achtung, welche die Welt aus dem Wasser auftauchen lassen, denn sie können sich auf mannigfache thatsächliche Vorkommnisse stützen.

Die Geologen sind gegenwärtig durch eine, vielleicht ihr Ziel überspringende, allzuemsige Kritik dahin gekommen, daß sie, abgesehen von den jüngern, verfolgbar aus dem Erdinnern emporgebrungenen (eruptiven) Gesteinen, kaum mehr wagen, von noch vorhandenen, feurig entstandenen Urgesteinen zu reden, daß sie sogar manche Granitarten mit zweifelnden Blicken betrachten, obwohl diese doch durch die Ausscheidung größerer krystallinischer Gemengtheile auf einen langsameren Erkaltungsprozeß hindeuten. Wenn aber auch nicht von den allerältesten, so werden doch von den etwas jüngeren Erdfundamenten Spuren geblieben sein, welche durch die darauf abgelagerten Absätze selber vor weiterer Zerstörung geschützt wurden. Ausgehend von der einfachen Vorstellung, daß naturgemäß alle Wasserabsätze geschichtet sein müssen, und der Granit das einzige Hauptgestein des sogenannten Urgebirges ist, welches diese wesentliche Charakter-Eigenthümlichkeit nicht in einer irgend wie ausgeprägten Weise zeigt, auch zuweilen zweifellos als aus dem Erdinnern emporgebrungen (eruptiv) sich kenntlich macht, wagen wir das erste beste Stück Granit als eine ehrwürdige Reliquie der früheften Urwelt zu betrachten, und haben dazu gewiß ein begründeteres Recht, als die Pastoren der letzten Jahrhunderte, wenn sie die Muscheln und Versteinerungen der Gebirge als Reliquien und sichere Zeugen der Noah'schen Fluth begrüßten.

Die Granitkuppen, die an Ausfüllungen alter Auftreibungen der ältesten Erdrinde erinnern, haben meist die Form flacher Dome, in deren höhern Theilen der Granitkern durch Abwitterung freigelegt erscheint. Er bietet dort eigenthümliche Zerklüftungserscheinungen, durch ein Zerfallen in mächtige Blöcke, welche an manchen Stellen sogenannte Felsenmeere bilden, wie wir sie an den Flanken und auf den Gipfeln des Brockens, Riesengebirges, Fichtelgebirges, Schwarzwaldes u. s. w. beobachten. Eine eigenthümliche innere Zerklüftung, die vielleicht schon von dem Erkaltungsprocesse herrührt, und deren Vorhandensein in der Tiefe durch die von Nordenskjöld seit 1894 erbohrten Felsenbrunnen in reinem Granitgestein bezeugt wird, bereitet diese bei der Blosslegung erfolgende sogenannte „Wollsackverwitterung" vor, durch welche bald einzelne auseinander geworfene Riesenblöcke, wie auf der Louisenburg im Fichtelgebirge und an den Hohneklippen des Harzes (Fig. 25) oder sogenannte Felsenmeere (bald auch die Täuschung) von Riesenbauwerken aus lose aufeinander liegenden Blöcken, ähnlich den prähistorischen Cyklopischen Mauern, sogenannte Teufelsmühlen, Teufelsküchen, Teufelskanzeln oder Hexenaltäre (vgl. Fig. 26) erzeugt werden. Diese Volksnamen deuten darauf hin, daß man die Bewegung und Aufthürmung solcher Blöcke nur Riesen und Dämonen zuschreiben zu können glaubte, und dies um so mehr, als man in der norddeutschen Ebene häufig aus granitischen Wanderblöcken errichteten, soge-

Fig. 25.
Die Hohneklippen mit dem Brocken im Hintergrunde.
(Nach Photographie.)

nannten megalithischen Bauwerken begegnet. Bei den Wollsack- und Mauerschichtungen des Mittelgebirges erkennt man aber alsbald, daß sie an Ort und Stelle „gewachsen" sind, und sich nur von dem Muttergestein darunter abgeklüftet haben, auch wenn die heruntergestürzten Blöcke (wie in der Louisenburg) auf Waldboden ruhen. Auf die granitischen Wanderblöcke der Ebene, die meist eckigere Formen zeigen, werden wir später zurückzukommen haben.

Von jener Zeit ab, aus der jene granitischen Urreliquien stammen, beginnt eine sichere, selbst niedergelegte Chronik der Erde, in welcher ein

Fig. 26.
Hexenaltar und Teufelskanzel auf dem Brocken. (Nach Photographie.)

ihrer Schriftzeichen kundiger Naturarchäologe die Reihenfolge ihrer Erlebnisse und Bildungsepochen, wenn auch nicht deren jedesmalige Länge, mit Sicherheit entziffern kann. Aus dem Gebiete der Hypothesen, mit denen die Erdgeschichte wie die Völkergeschichte anhebt, so lange es sich um Urzustände handelt, gelangen wir auf den festen Boden der Dokumente, die zwar keine vollständigen Berichte, aber doch feste Anhaltspunkte dafür ergeben. Die Erde hat ihr Tagebuch selbst geführt und selten eine Seite umgeschlagen, ohne einige Bemerkungen eingetragen zu haben. Sie hat dasselbe, wenn wir im Bilde bleiben dürfen, an vielen Orten gleichlautend geschrieben, und wenn sie später einige Blätter selber vernichtet hat, so finden sich Duplikate an anderen Stellen, und wie aus den Abschriften alter Klassiker läßt sich durch Vergleichung der einzelnen Urkunden die Blätterfolge und

der Urtext wiederherstellen. Absichtliche Fälschungen, denen wir so häufig in den alten Handschriften begegnen, sind hier nicht zu fürchten; der Leser selbst muß sich die Irrthümer zuschreiben, die er in der Deutung der einzelnen Züge begeht. Und in der That, dieses Tagebuch der Natur hat seine Skaliger und Casaubone gefunden, welche die Kapitel- und Blätterfolgen wiederherstellten, aus einzelnen zurückgebliebenen Buchstaben Worte, aus abgerissenen Worten Sätze machten, welche viele Lücken, wenn auch bei Weitem nicht alle, zu ergänzen mußten. Dieses Memoiren-Werk der Erdrinde ist ein illustrirtes Buch mit unzähligen sogenannten Naturselbstdrucken und zwischen seinen Blättern, wie in einem Herbarium vivum gesammelten und gepreßten Exemplaren der Bewohner, die großentheils ausgestorben sind. Ihr Auftreten ist es, was uns vornehmlich beschäftigen wird, denn erst mit ihnen hat die Erdgeschichte einen Inhalt erhalten, den wir mitfühlen können, die Geschichte der Freuden und Leiden des Kampfes um's Dasein, der, in unendlichen Wiederholungen durchgeführt, dem Buche, nach unserer Auffassung der Natur, zuletzt auch Leser gegeben hat, die sich in sein Studium vertiefen können.

Die ersten Actenstöße dieser Memoiren sind aus natürlichen Gründen am schwersten zu entziffern. Hier ist die verwischende, bräunende und undeutlich machende Gewalt des Alters am spürsamsten. Der Gneiß, die allverbreitete Unterlage, auf welcher alle übrigen Absatz-Schichten ruhen, war wohl das erste Werk des Wassers auf der Erde. Wir müssen uns das Urmeer mit ungewöhnlichen auflösenden Kräften begabt denken; reich an Kohlensäure und warm, zernagte es tief hinein die feste Erdrinde, unterwühlte die felsigen Ufer und verwandelte so einen mächtigen Theil der glücklicherweise nach innen nachwachsenden Rinde durch Herauslösung der alkalischen und kalkigen Bindemittel in Schutt, um die alte Hülle in eine neue umzugestalten, die sich nur durch das Lagerungsverhältniß der Theile und ihre schichtenförmige Bildung unterscheidet. Man bemerkt in dem Gefüge des Gneißes die kleinen Glimmer-, Quarz- und Feldspaththeile, die in der Granitmasse krystallinisch sich ausgeschieden hatten, in ähnlichen Gemengverhältnissen wieder; denn das Wasser konnte seine neuen Schichten nur auf Kosten der älteren aufführen, wie die Nachkommen classischer Völker die edlen Bausteine der Amphitheater und Tempel nahmen, um ihre elenden Hütten daraus zu bauen. Glücklicherweise waren die älteren Schichten durch beständigen Nachwuchs so mächtig angelegt, daß die Nachwelt von ihnen zehren konnte, und dem Urgneiß, dessen Schichten da und dort die Dicke von dreißigtausend Fuß gewonnen haben, kommt keine spätere Wasserbildung an Mächtigkeit gleich. Welche Zeiten dazu gehört haben müssen, diese Mauern, auf denen dann Glimmer- und Thonschiefer von zusammen zwanzigtausend Fuß Schichtenstärke folgten, zu bilden, entzieht sich aller Berechnung; wir können wohl die Reihenfolge der einzelnen Schichten bestimmen, aber nicht die Jahrtausende schätzen, in denen das Wasser an

ihrer Bildung thätig war; nur, daß es sich dabei um ungeheure Zeiträume handelt, wird klar, wenn man auch zugiebt, daß ehemals stärker verändernde Einflüsse vorhanden gewesen sein werden als später.

Auch diese ältesten Absatzschichten liegen in der Ebene meist tief und von den späteren Ablagerungen bedeckt im Boden. Nur in Gebirgsgegenden, wo spätere Einflüsse hebend gewirkt haben und in nordischen Ländern, wo die abtragenden atmosphärischen Kräfte am längsten und stärksten gewirkt haben, treten sie häufiger zu Tage. Die untersten Lagen bilden die Urgneiße oder laurentischen Schichten, nach einer Gegend am Lorenzostrom getauft, woselbst sie in besonderer Ausbildung auftreten, die oft in Granit übergehen, oder einen wenig veränderten Granit bedecken, ein haupt-

Fig. 27.
Rundhöckerlandschaft im Gneißgebirge bei Scourie. (Nach Archibald Geikie.)

sächlich aus Granitgrus gebildetes Gebirge mit kaum erkennbaren Lebensspuren. Auf ihnen lagern die Schichten der kambrischen Formation, die nach dem Lande der altbritischen Kambrer benannt sind, in welchem sie vielfach frei an die Oberfläche treten. Sie bestehen aus dunklen, oft stark glänzenden Thonschiefern, Grauwacken und Sandsteinen und bilden z. B. in Sutherland, dem nördlichsten Theile Schottlands, Hügellandschaften, mit darüber sich erhebenden Gneiß- und Quarzit-Kuppen, die man wohl als die (geologisch) ältesten Stücke Europas bezeichnet hat. Die Figur 27 zeigt eine solche Gneißlandschaft aus der Gegend von Scourie an der Westküste von Sutherland; der spitze Kegelberg links ist der aus altem Gneiß bestehende Ben Stack (2364'), während die übrigen Höhen meist aus Quarzit gebildet sind, der dem Gneiß auflagert. Im Vordergrunde ist der Gneiß durch Gletscher in Form der merkwürdigen, wasserumflossenen Rundhöcker geschliffen worden, von denen wir später zu sprechen haben werden.

Mit den kambrischen Schichten, denen diejenigen der wieder nach einer englischen Völkerschaft (den Siluren) benannten silurischen Formation auflagern, beginnen diejenigen Bildungen, die sich durch immer häufiger

werdende Einschlüsse von Fossilien noch deutlicher als Wasserbildungen kenntlich machen. Zweierlei Wasserbildungen müssen wir hierbei früh auseinanderhalten, die eigentlichen Absatz- oder Sediment-Bildungen, welche aus den Trümmern der von Luft und Wasser zernagten älteren Gesteine zusammengeschlemmt werden, also rein mechanische Aufschüttungen, und andere, deren mineralische Bestandtheile aus dem vorher im Wasser aufgelösten Zustande durch die Lebensthätigkeit von Pflanzen und Thieren abgeschieden wurden. Während die ersteren aus Trümmern aller Art gebildet sein können, also die verschiedenartigste Zusammensetzung zeigen müssen, handelt es sich bei den letzteren wesentlich um Kohlenlager, Kalkfelsen oder Kieselguhrschichten. Die Schiefer- und Sandsteinschichten werden vorzugsweise in den Buchten der salzigen und süßen Meere gebildet worden sein, da wo Flüsse in sie mündeten und erdige Reste mit sich führten, oder wo die bewegte Welle selbst an den Ufern nagte, nicht aber in der Tiefe, und auf der hohen See, wo im Allgemeinen, von langsam bewegten Meeresströmungen abgesehen, Ruhe herrscht. Es äußert sich darin eine Tendenz, vom Ufer her die Wasserbecken einzuengen, wie z. B. der Rhein dahin arbeitet, den Bodensee von seiner Eintrittsmündung her mit Gebirgsschlamm aufzufüllen, worauf er ihn in geklärter Beschaffenheit verläßt. Handelt es sich dabei um eine langsam sinkende Küste, so wird die Auffüllung der Seebucht dem Fluß aufwärts folgend stattfinden, gehört das Ufer jedoch zu den langsam steigenden, so wird ein Delta entstehen; der Schuttkegel des Flusses wird fortwährend als Neuland emporsteigen, und den Wasserlauf nöthigen, sich in Arme zu theilen, die dann ihren Schlamm zwar auf eine weitere Fläche vertheilen, aber ihn immer weiter hinaus in das alte Becken des Meeres tragen.

Diese Absatzschichten nun werden nach dem Charakter der in der Umgebung verwitternden Gesteine sehr verschieden gefärbt und zusammengesetzt ausfallen, an und für sich aber keine besondere Eigenart aufweisen, da ähnliche Gesteine zu allen Zeiten verwitterten und dadurch zu allen Zeiten Sandschichten, Thonlager u. s. w. entstehen konnten, die langsam zu Sandstein-, Schiefer- und anderen Felsen erhärteten. Abgesehen von den Veränderungen, denen einzelne von ihnen in späterer Zeit unterlagen, wird sich ihre Stellung in der Erdgeschichte wesentlich aus der Schichtungsfolge ergeben, da sie ursprünglich vollkommen wagerecht übereinander abgelagert wurden. Hierbei würde indessen eine große Schwierigkeit für die Altersschätzung dadurch entstehen, daß an keinem Punkte der Erde ununterbrochen neue Absätze stattgefunden haben, auch der Natur der Sache nach, nicht stattfinden konnten, der Absatzboden müßte sonst ununterbrochen tiefer gesunken sein.

Wir müssen uns also einen mannigfachen Wechsel der Einwirkungen des Wassers auf eine und dieselbe Gegend vorstellen. Die großen Meeresbecken der Erde scheinen zwar nach den Ansichten neuerer Geologen, wie Dana, Geikie u. A., eine bemerkenswerthe Lagebeständigkeit bewahrt zu

haben, aber kleinere Becken, die oft nur als seichtere Buchten und Arme der großen zu betrachten sind, unterlagen einem häufigeren Wechsel. Die meisten Bildungen sind Uferbildungen, denn die Tiefsee löst ihre Absätze, die sehr spärlich erfolgen, zum Theil selbst wieder auf. Oft unterbrach das Meer, nach neugebildeten Senkungen von weiter Ausdehnung hingezogen, seine zerstörende und aufbauende Wirkung an einem Orte für lange Zeit und kehrte dann vielleicht nach Jahrtausenden zu der verlassenen Arbeit zurück, wo inzwischen Wind und Wetter zerstörend oder vielleicht auch, indem sie Sand- oder Thonstaub anhäuften, aufbauend gewirkt hatten, und arbeitete auf dem alten Baugrunde, der sich inzwischen gesenkt hatte, weiter, so jedoch, daß dem kundigen Auge des Geognosten die Unterbrechung und verschiedene Bauzeit ebenso erkennbar wird, wie dem Architekten die Arbeit verschiedener Jahrhunderte an demselben Dome. Solcher Wechsel des Wasserspiegels kann manchmal selbst in kürzeren Zeitabschnitten eingetreten sein, wie beispielsweise die Säulenreste des Serapistempels zu Pozzuoli bei Neapel besonders augenfällig beweisen, an denen die Bohrwürmer ihren Wasserstandsvermerk gemacht haben und dabei zeigen, daß die italienische Küste dort in geschichtlicher Zeit abwechselnd bedeutende Senkungen und Hebungen erfahren hat. Die Uebereinanderlagerung mehrerer Mosaikfußboden in dem Bezirke desselben Tempels beweist, daß die Senkung allmälig stattgefunden haben muß, wie wir ähnliche Vorgänge noch heute an den Küsten der nordischen Länder wahrnehmen, und so sind Gegenden erforscht worden, die unverkennbar ein Dutzend Mal Meer und ebenso oft Festland gewesen sind. Wir dürfen uns deshalb die Wasserbildungen nicht mit der Regelmäßigkeit von Zwiebelhäuten um den Erdkern gelagert denken. Aber niemals werden wir ältere Absatzbildungen auf jüngere gelagert finden können, obwohl die ältesten häufig auf den Gipfeln hoher Gebirge zu Tage treten, während unendlich jüngere den Thalboden bedecken. In Gegenden, welche seit uralten Zeiten nicht mehr vom Meere bedeckt worden sind, fehlen natürlich die jüngeren Meeresbildungen gänzlich, nicht aber die Gneiße und Urschiefer, zum Beweise, daß der landumgürtende Poseidon in der Urzeit über die gesammte Erde geherrscht hat.

Wie man aus alledem ersieht, würde es eine mißliche Sache sein, das Alter einer Absatzbildung aus ihrer Beschaffenheit allein beurtheilen zu wollen, aber glücklicherweise kommen uns für die richtige Einordnung die Reste organischer Wesen zu Hilfe, die von diesen Absatzbildungen eingeschlossen wurden. Entweder handelt es sich hierbei um Wesen, die in dem Absätze bildenden Wasser selbst gelebt haben, oder auch um solche, die in demselben ertrunken sind, oder durch Strömungen hinabgeschwemmt wurden, wie z. B. Baumblätter, Früchte und dergleichen. Besaßen diese Körper harte Theile, die nicht schnell verwesen, wie z. B. Knochen, Zähne, Panzer, Schalen, so wurden dieselben einfach von dem Schlamm umhüllt, und dadurch vor dem weitern Zerfall oder einer allmäligen Verwitterung ungleich besser bewahrt,

als wenn sie in der Luft oder im Wasser frei liegen geblieben wären. Aber auch organische Körper, die der Verwesung leichter zugänglich sind, konnten unter günstigen Umständen Spuren ihrer Form zurücklassen, da der feine, sich beständig niederschlagende und sie bedeckende Schlamm der Gewässer das denkbar beste Mittel war, um natürliche Abgüsse von großer Schönheit mit allen Zartheiten des Modells davon zu nehmen. (Vergl. Fig. 28.)

Fig. 28.
Abguß und Abdruck.

Die günstigste Werkstätte der abformenden Natur dürften flache Ufer gewesen sein, welche die Schlammwelle öfter überfluthete, oder auch die aus dem Meere langsam emporsteigenden Ufer der Flußdeltas. Es ist staunenswürdig, mit welcher Schärfe diese Naturselbstdrücke oft die zartesten Oberflächenbildungen gebrechlicher Wesen wiedergeben, so z. B. derjenigen von Libellen und Schmetterlingsflügeln, die zierlichen Formen der Farnkräuter u. s. w. Selbst von Quallen, die auf den Meeresstrand geworfen, in wenigen Stunden zum formlosen Schleim zerfließen, hat man in einigen seltenen Fällen wohlerhaltene Schlammabdrücke und Ausgüsse gefunden. An manchen Ufern mit zähem Schlamme sind die Bedingungen für gute Abdrücke so günstig gewesen, daß man die Spuren zahlreicher, darüber hingekrochener und hinweggeschrittener Thiere in ausgezeichneten Fährtenabdrücken (Fig. 29) dem daraus entstandenen Felsen einverleibt findet, und zwar in positiven und negativen Abdrücken, sofern die Spuren später auf's Neue mit Schlamm bedeckt und ausgefüllt wurden und der Felsen in solchen Flächen besonders leicht spaltet. Viel schwerer deutbar als die Spurabdrücke von Vierfüßlern und Vögeln sind dabei die mancher Würmer, Krebse,

Asseln u. s. w., die für die Abdrücke von langgestreckten Würmern und Tangen gehalten wurden und zur Aufstellung vieler Pflanzen- und Thierarten führten, deren vermeintliche Abdrücke schon in untern kambrischen Schichten gefunden werden. Der schwedische Botaniker Nathorst hat zahlreiche derartige „Würmer"- und „Algen"-Abdrücke künstlich erzeugt, indem er allerlei Strandthiere auf feuchtem Sande kriechen ließ, und nach dem Abtrocknen Gypsabgüsse solcher stets nur im Halbrelief vorhandenen Eindrücke anfertigte. Der in Figur 30 abgebildete unterfilurische „Wurm", gehört wahrscheinlich mit sehr vielen angeblichen Algenformen zu solchen Fährtenabdrücken. Andere täuschende Formen entstanden durch Ausfüllung von Wurmgängen, die oft pflanzenartig verzweigte Gebilde liefern oder von Thierhöhlungen, die ja keinen Zweifel zurücklassen, wenn es sich, wie in Figur 28, um Muschel- und Schneckenschalen handelt, wohl aber z. B. bei Quallen-Höhlungen, die früh eigenthümliche viereckige Ausgüsse zurückgelassen haben.

Fig. 29.
Sogenannte Vogelfährten aus dem bunten Sandstein von Connecticut.

Fig. 30.
Phyllodocites Jacksoni.
Unterfilur in Thüringen und England.

In den Badlands von Nebraska und Dakota findet man als Beispiel solcher schwerdeutbaren Ausgüsse die sogenannten Teufelsschrauben (Daemonelix), senkrecht im Boden steckende Steingebilde, die täuschend einem Propfenzieher mit bis zu 13 Windungen und von mehr als 2 m Länge gleichen und wie die Rüben eines Feldes nebeneinander stecken, nur daß von der unteren Spitze jeder Teufelsschraube ein schräger Strang zum Kopfe der nächsten aufsteigt. Ueber den Ursprung dieser Gebilde sind in neuerer Zeit die abenteuerlichsten Meinungen aufgestellt worden, bis man

sich dahin geeinigt hat, in ihnen die Ausgüsse eines Nagethierbaues zu vermuthen. Dergleichen kommt auch im Mineralreiche bei Krystallgestalten vor, die mit der Zeit aufgelöst oder chemisch verändert, ihre Form vollkommen fremdartigen Gesteinen hinterlassen, die in den Hohlraum eindringen oder durch langsame Umwandlung des Inhalts darin entstehen, wobei dann das Mißverhältniß zwischen Form und Inhalt so schreiend ist, daß man diese Bildungen wie eine Maskerade der Natur ansieht und als Nachäffungen und Truggestalten (Pseudomorphosen) bezeichnet. Zu solchen Pseudomorphosen würden auch die sogenannten Eindrücke urweltlicher Platzregen (Fig. 31) zu rechnen sein, wenn denselben nicht eine ganz andere Ursache zu Grunde liegt.

Versteinerungen im eigentlichen Wortsinn, bei denen ein weicher, verweslicher organischer Körper durch das Eindringen mineralischer Salze und Lösungen ohne vorherigen Abguß in Stein verwandelt wird, sind viel seltner; Quellen mit starkem mineralischen Gehalt, kalk-, eisen- und kiesel-

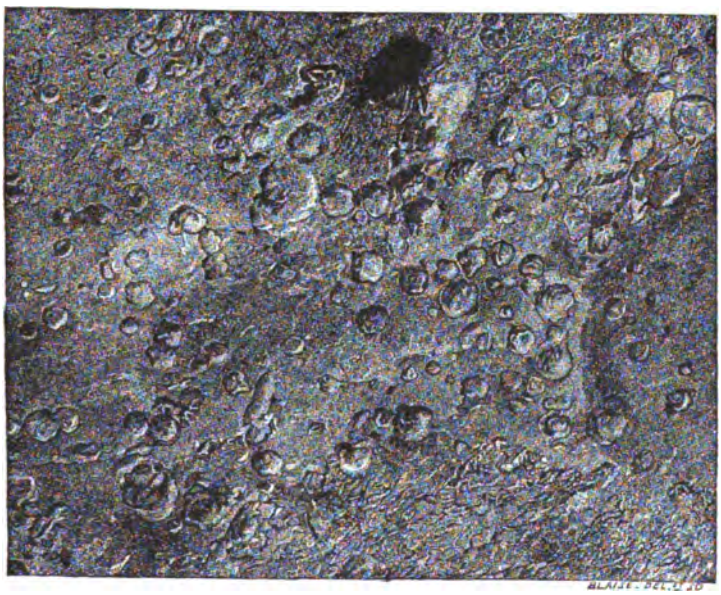


Fig. 31.
Sogenannte Regen-Eindrücke aus dem bunten Sandstein von Connektikut.

säurereiche Wasser haben am häufigsten solche Umwandlungen bewirkt, so namentlich heiße und an Kieselsäure reiche Geysirquellen, denen die meisten der sogenannten „versteinerten Wälder" ihren Ursprung danken dürften. In vielen Fällen handelte es sich aber auch hierbei zunächst nur um einen Abguß und eine Umhüllung mit mineralischen Stoffen, wie bei den sinterbildenden und inkrustirenden Quellen, deren Erzeugnisse die meisten Leser

an den aus Karlsbad mitgebrachten Sprudelandenken kennen werden. Dahin gehören auch die mit einer dicken, runden Kalkschale versehenen Kieskörnchen, welche den sogenannten Erbsenstein zusammensetzen, die Andenken vorweltlicher Sprudel, die so lange mit den hineingeweheten Sandkörnchen gespielt haben, bis dieselben durch Kalkinkrustation zu schwer wurden, dem Spiele zu folgen, und nachher am Boden zu dem zusammenhängenden Stein verkittet worden sind.

Oft hat auch der Zersetzungsproceß der organischen Materie selbst dazu beigetragen, das Versteinerungsmaterial aus der den Schlamm durchdringenden Flüssigkeit abzuscheiden, so z. B. das Schwefeleisen, welches die Schuppen alter Fischabdrücke oder die Schalen der Ammoniten mit prächtigem Goldglanz erschimmern läßt, als handele es sich um lauter Goldfische oder Reste eines goldenen Zeitalters, wie bei den sogenannten Goldschnecken vom Staffelstein. Der Schwefel kann in solchen Fällen sowohl aus dem verwesenden Körper selbst stammen, als auch durch den Verwesungsprozeß aus Gyps und anderen schwefelhaltigen Mineralien abgeschieden worden sein. Oft trat auch ein neues Mineral an die Stelle eines vorher eingedrungenen Mineralstoffes, der sich löste oder verändert wurde.

Nach diesem kurzen Blick auf die Hauptbildungsweisen der Versteinerungen wenden wir uns nunmehr wieder zu dem Wachsthum der Erdoberfläche durch Schichtenbildung zurück. Da nun die organischen Wesen, wie wir später ausführlicher erfahren werden, fast in jeder Epoche der Erde, bis auf wenige langlebige Ausnahmen der niedern Abtheilungen, die man als *persistente* oder *Dauertypen* bezeichnet, und die daher für die Chronologie der Schichtenfolge keine Verwendung finden können, völlig andersgeartete gewesen sind, und sowohl den Bewohnern der frühern Länder und Gewässer, wie denen der jüngeren Erdoberflächenbildungen völlig fremdartig — wenn auch bei sich näher stehenden Schichten, nicht ohne die Kennzeichen geheimer Verwandtschaft und manchmal der direkten Abstammung — gegenüberstehen, so läßt sich nach diesen Einschlüssen organischen Ursprungs sowohl die Stelle erkennen, welche die betreffende Schicht in der Reihenfolge der übrigen einnimmt, als auch die zeitliche Zusammengehörigkeit mit entsprechenden Schichten anderer Länder bestimmen. Man nennt solche Einschlüsse, die für eine bestimmte Bildungsepoche der Erde besonders charakteristisch sind, *Leitmuscheln*, obwohl man besser Leitfossilien sagen würde, denn man gebraucht den Ausdruck gleichmäßig nicht nur für die Reste von Muscheln, sondern auch von Schnecken und andern Weichthieren, Stachelhäutern, Krebsen, Fischen u. s. w., selbst von Pflanzenresten, welche für eine besondre Erd-Epoche bezeichnend sind, ungefähr wie das Grab eines Kreuzfahrers in einer Kirche das Alter derselben auf das zwölfte oder dreizehnte Jahrhundert zurückführen würde. Namentlich in den früheren Zeitabschnitten, in denen die Thierwelt der Meere in Folge allseitigeren Zusammenhanges eine gleichmäßigere war als heute, lassen sich an der Uebereinstimmung der

Leitmuscheln die zusammengehörigen Schichten an oft weit von einander entfernten Orten sicher erkennen. Freilich darf dieser Schluß nicht zu weit ausgedehnt werden, denn oftmals haben an dem einen Orte Thiere und Pflanzen, die an andern längst ausgestorben waren, fortgedauert, wie z. B. die Beutelthiere Australiens, deren nächste Verwandte in der alten Welt seit undenklichen Zeiten völlig ausgestorben sind. Wenn wir demnach Schichten der alten und neuen Welt nach ihrer Lage und ihren Einschlüssen mit demselben Namen belegen, so können wir damit nur meinen, daß sie im Großen und Ganzen der nämlichen Bildungsepoche der Erde zugehören; an eine strenge Gleichzeitigkeit solcher Bildungen hüben und drüben brauchen und dürfen wir dabei nicht denken, und selbst bei größerer räumlicher Annäherung nicht immer.

Fig. 32.
Littorinellenkalk

Mitunter ist der Reichthum einer Absatzbildung an organischen Ueberresten so groß, daß man sagen kann, sie bestehe ganz und gar aus denselben und es ist dies namentlich bei Kalkfelsen und bei gewissen Kieselschiefern der Fall, andererseits bei den verschiedenen Kohlenflötzen. So kennen wir z. B. Schichten, die fast ganz aus kleineren oder größeren Muschel- oder Schneckenschalen bestehen (z. B. der Littorinellenkalk, Fig. 32), andere, die aus Panzern kleiner Krebse bestehen (Cypridinenschiefer) und Aehnliche. Insbesondere sind es aber mikroskopische Urwesen der niedersten Klasse, welche in unendlichen Massen, namentlich im Meere lebend, demselben seinen von den Quellen und Flüssen zugeführten Kalk und die Kieselsäure entziehen, um ihrem aus weichem Schleim bestehenden Körper ein festes Gerüst oder eine harte Hülle, eine Schale oder einen Panzer abzuscheiden, die demselben zum Schutze dienen. In dem Kapitel über die Protisten oder Urwesen werden wir ihre Formen und Fähigkeiteu näher kennen lernen; hier ist ihrer nur insoweit zu gedenken, als sie sich theilweise nicht unerheblich am Bau der Erdrinde betheiligt haben. Obwohl dem unbewaffneten Auge unsichtbar, sinken die Kalkschalen der Kammerthiere (Polythalamien) und die Kieselskelette der Radiolarien doch nach dem Ab-

ſterben des lebendigen Schleimes, der ſie erfüllte und umhüllte, beſtändig in ſo großer Zahl auf den Grund, daß namentlich die erſteren im Laufe der Zeit mächtige Schichten gebildet haben, die entgegen den Sandſtein- und Schieferbildungen der Ufer, tiefer im Meere ihren Urſprung genommen haben, und deren Bildung man bei den Tiefſeeforſchungen der Neuzeit vielfach als fortgehend beobachtet hat. Es ſind vor Allem die Kreidefelſen, die aus den Schalen dieſer mikroſkopiſchen Weſen aufgebaut ſind und deren

Fig. 33.
Kreide von Gravesend, aus den Schalen von Planularien, Textilarien, Rotalien u. ſ. w. beſtehend bei 300facher Vergrößerung.

pittoreske Formen z. B. an unſeren nordiſchen Meeresküſten hervortreten, in ihrer Mächtigkeit am wenigſten ahnen laſſen, daß ihre Baumeiſter ſo gar kleine Geſellen waren. (Vergl. Fig. 33.) Die ihnen häufig in Schichten oder Neſtern eingelagerten Feuerſteine ſind, wie in neuerer Zeit feſtgeſtellt wurde, namentlich aus Radiolarien gebildet.

Als die Waſſerbaumeiſter der höchſten Leiſtungsfähigkeit haben wir aber die Korallenthiere zu betrachten, welche durch ihre Eigenthümlichkeit, fortſproſſende Stämme, Ketten und Polſter zu bilden, deren Gerüſte aus hartem Kalke beſteht, ihrem Bauwerke zugleich Feſtigkeit und kühne Formen geben. Schon in ſehr alten Zeiten des Erdballs haben die Korallen ihre Bauthätigkeit entfaltet, und mehrere nordeuropäiſche Inſeln beſtehen hauptſächlich aus ſiluriſchem Korallenkalk; aber als die Hauptperiode großartigſter und vielſeitigſter Geſellſchaftsleiſtungen ſolcher Art, als eine wahre Gründerzeit in der Vorgeſchichte der Erde, iſt ein Abſchnitt der Sekundär-

zeit zu bezeichnen, als die Wellen der Trias- und Jura-Meere über dem heutigen Mitteleuropa brandeten. Nachdem später ihr Spiegel zu sinken begann, tauchten eine Menge eigenartiger Ringinseln und Felsuferdämme aus den Wellen, deren klippenreiche Abhänge eine bunte Thierwelt in ihren Klüften und Spalten bargen und deren schlammige Winkel den gewaltigen Wasser-Reptilen jener Zeit als erwünschte Sonnungs-Plätzchen dienten. Ihre Baumeister gehörten den noch heute blühenden Geschlechtern der sechszähligen Stern-, Labyrinth- und Schwamm-Korallen an, welche nur in den warmen Meeren bis höchstens 30° vom Aequator entfernt gedeihen, und uns damit einen Wink über das Klima unserer Breiten in der korallenreichen Primär- und Sekundärzeit geben, während heute die nördlichsten Korallenbauten unserer Halbkugel im rothen Meere angetroffen werden. Die eigenthümliche Natur dieser Kolossalbauten der Vorzeit würde kaum auf einiges Verständniß in unserer Zeit haben rechnen dürfen, wenn nicht in der Südsee eine ähnliche, den größten Inselreichthum erzeugende Bauthätigkeit unter unseren Augen fortdauerte. Aber selbst dort sind die Formen der Korallenbauten den Forschern lange ein schweres Räthsel gewesen. Man unterscheidet daselbst insbesondere dreierlei Formen: 1. Saumriffe, welche die Inselufer unmittelbar als Saum einfassen, 2. Wall- oder Damm-Riffe, welche durch einen Meeresarm oder „Kanal" getrennt, die Festlandsufer in einiger Entfernung wie ein vorgelagerter Damm oder Wall begleiten, oder die

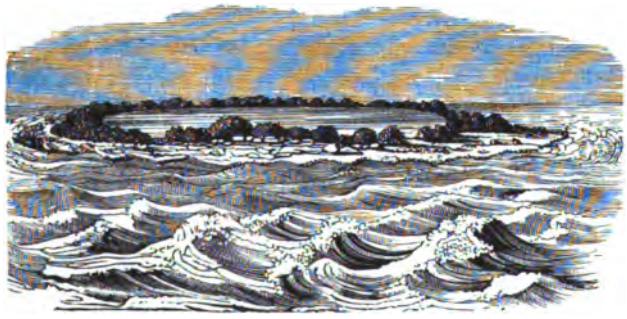


Fig. 34.
Die Pfingstinsel, ein Atoll (nach Darwin).

Inseln jenseits eines ringförmigen Meereskanals umkränzen und endlich 3. die Lagunen-Riffe oder Atolle (Fig. 34), die mitten im Weltmeere, oft aus großen Tiefen aufsteigen und als ein länglicher oder rundlicher, hier und da durchbrochener Felsenring einen Theil des Meeres als innere Lagune von dem äußern Meere, bis auf die erwähnten Lücken des Ringes abgrenzen.

Das Verständniß der Saum- und Dammriffe, welche die Ufer in engerer oder weiterer Umfassung umgürten, bot den Zoologen keine be-

sonderen Schwierigkeiten. Die „einträchtigen Zoophyten", so genannt, weil man sie bis zum vorigen Jahrhundert für Pflanzen hielt, haben sich in einer ihnen zusagenden Tiefe auf den abschüssigen Ufern der Inseln oder Festländer angesiedelt, und sind, immer auf den absterbenden älteren Korallenstöcken fortbauend, bis nahe zur Oberfläche emporgewachsen, wo ihre mit allen Farben des Regenbogens geschmückten Polypen herrliche unterseeische Blumengärten bilden, die den im leichten Kahne darüber hingleitenden Beschauer in das lebhafteste Entzücken versetzen. An den Stellen, wo ein Bach oder Fluß von der Insel in's Meer mündet, ist der Gürtel unterbrochen, weil die Polypen im Süßwasser nicht gedeihen können. Oft bilden sie gefährliche Uferklippen, die nur bei der Ebbe aus dem Wasser hervortreten, und von der Torresstraße zwischen Neuholland und Neu-Guinea behauptet man, daß sie erst in den letzten Jahrhunderten durch das Weiterwachsthum solcher Saum- und Küstenriffe förmlich zugewachsen und unwegsam geworden sei.

Die von den Küsten durch einen breiten Kanal getrennten Wall-, Damm- oder Barren-Riffe erreichen oft eine bedeutende Ausdehnung, so dasjenige von Neucaledonien mit einer Gesammtlänge von 100 geographischen Meilen und das große Wallriff an der Nordostküste von Australien, welches gewöhnlich mit seinem englischen Namen Great-Barrier-Rif auf den Karten verzeichnet ist, und in einer Ausdehnung von fast 250 geographischen Meilen und in 15 bis 150 Kilometer Entfernung die Küste von der Torresstraße bis zur Lady Elliotinsel an der Nordostküste von Queensland begleitet. Es bildet, wie die meisten dieser Korallenbauten, keine dichte Mauer, sondern eine Inselwelt mit vielen Wasserstraßen, welche das Riff nach allen Richtungen durchschneiden und theilweise auch größeren Schiffen zugänglich sind. Bei der Ebbe werden, wenn sich größere Theile des Riffes aus dem Wasser erheben, überall Lagunen, d. h. von Korallenwuchs freie Stellen, als kleine geschlossene Becken sichtbar, in denen sich ein reiches Thierleben tummelt. Dann erkennt man, daß der größte Theil dieses oben in einen Wald von Zweigen und Blumen ausgehenden Riffes aus Steinkorallen (Madreporarien) aufgebaut ist, wobei sich einzelne Gattungen, wie Löcherkorallen (Madreporiden im engern Sinne), Gehirnkorallen (Mäandrinen), Sternkorallen (Asträaceen), Schwamm- und Blattkorallen (Fungiden), Hirschgeweih-Korallen (Madrepora hebes) und andere kolonienartig ausbreiten, so daß an der einen Stelle diese und eine Strecke davon eine andere Art vorherrscht. Unsere Tafel nach photographischer Aufnahme von Saville Kent zeigt eine solche „Madreporen-Lagune" des großen Barren-Riffs zur Ebbezeit, und wir sehen, wie die einzelnen aufragenden Stöcke Rasen von oft mehreren Metern Durchmesser bilden. Die ebenerwähnte Hirschgeweihkoralle bildet solche Büsche von 5 bis 6 Metern im Durchmesser.

In diesen unterseeischen Wäldern finden aber zahlreiche andere Thiere Nahrungs- und Wohnplätze, so daß sie zur Fluthzeit ergiebige Fischerei-

Madreporen-Lagune im Grossen Australischen Barrièren-Riff (Port Denison).
Nach Photographie von Savilla Kent „The great Barrier Reef of Australia“ (1894)

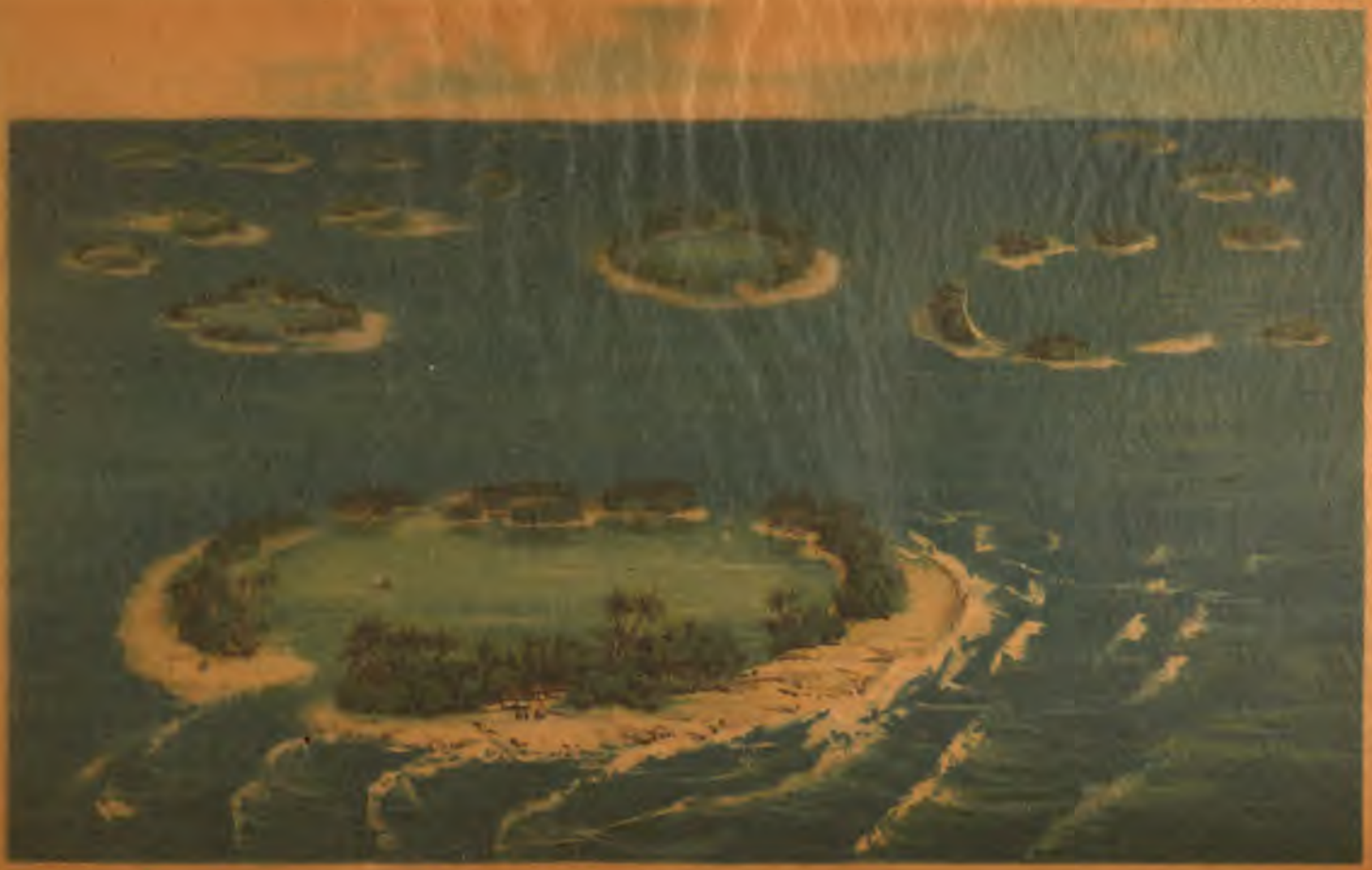
gründe bilden. Fische, die ebenso bunt gezeichnet sind, wie die Korallenpolypen: Schnecken, Muscheln, Schwämme, Stachelhäuter, Röhrenwürmer, Mooskorallen leben dort zahlreich, und alle diese Thiere tragen mit ihren abgestorbenen Panzern und Gerippen dazu bei, das Astwerk zu füllen, so daß es mit fortschreitender Tiefe, zuletzt in einen dichten Riffstein mit Sandnestern, deren Material die Stürme herbeiführen, d. h. in eine mehr oder weniger dichte Felsmauer übergeht. Im Bereiche des großen Barrièrenriffes erblickt man häufig Gebiete, die nicht nur, wie das lebende Riff zur Ebbezeit, sondern beständig als Inseln aus der Fluth emporragen. Man braucht dabei nicht an vulkanische Erhebungen zu denken, sondern an Stellen, woselbst größere Stürme losgerissene Rifftrümmer, Schutt, Meeressand, Algen u. s. w. angehäuft haben, so daß von den Vögeln herbeigetragene Pflanzensamen daselbst Wurzel fassen können, und ebenso von der Welle herangeschwemmte Cocosnüsse, die zu den ersten Besiedlern über die Meeresfläche emporsteigender Koralleninseln zu gehören pflegen, da die Cocos-Palme ein Strandbaum ist und einen leichten Salzgehalt des Bodens liebt. In der Regel bilden auch Kalkalgen, welche die absterbenden Korallenäste überziehen, wenn sie länger von der Ebbe bloßgelegt werden, einen ersten Untergrund zum Inselboden, weil sie die längere Lufteinwirkung besser ertragen.

Ein viel größeres, die menschliche Phantasie erregendes Räthsel bildeten aber seit jeher die mitten im tiefen Ocean aufragenden Atolle, wenige Fuß über die Meeresfläche emporragende „niedrige Inseln“, die alle mehr oder weniger geschlossene und regelmäßige, oder mit Einbuchtungen versehene Ringe bilden, die Dachungen aus dem tiefen Meeresgrunde steil aufragender Ringmauern aus Korallenkalk, die oben mit grünem Strauch- und Baumwerk geschmückt, plötzlich vor dem Seefahrer aus der Fluth aufsteigen, nachdem sie noch eben hinter der Kugelfläche des Meeres verborgen waren. „Welches Wunder, diese Atolle zu sehen, jedes eingeschlossen von einem großen steinernen Wall, an dessen Bau keine menschliche Kunst Theil hat!“ rief bereits François Pyrard de Laval 1605 beim ersten Anblick der Südsee-Atolle aus. „Wie sind sie entstanden, welche Kräfte haben ihnen die eigenthümliche Form gegeben?“ Seit den Reisen der Cook und Forster hat die Beklemmung über dies Geheimniß die Schiffer und Weltreisenden nicht mehr losgelassen. Der erste Gedanke war, daß da als ringförmige Fundamente alte Kratermündungen auf dem Meeresgrunde vorhanden sein müßten, auf deren Ringöffnung die Korallen ihren bis auf wenige Stellen geschlossenen Ringbau aufgeführt hätten, dessen Form also gleichsam im Fundament gegeben wäre. Allein bei genauerer Betrachtung ergab sich bald, daß diese Theorie eine chimärische Unterlage habe, denn wenn auch die Form eines runden, einer Krateröffnung ähnlichen Ringes bei den kleineren Atollen vorherrscht, so giebt es doch langgestreckte Atolle von Formen, wie man sie nie an einem irdischen Krater

gesehen hat, und von Ausdehnungen, wie sie nur auf dem Monde vorkommen, woselbst aber ebenfalls keine so gestreckte und hin- und hergebogenen Fundamente für etwaige Korallenbauten auftreten, wie sie zahlreiche Atolle darbieten. Die größten irdischen Krater haben meist nur wenige Kilometer im Durchmesser, während Atolle von 8 und 10 bis 15 geographischen Meilen Durchmesser keine Seltenheiten sind. Auch müßten solche Atoll-Archipele, wie sie unsere Farbentafel darstellt, in denen Hunderte, ja in den Malediven über Tausend solcher Inseln auf kleinem Gebiete aus der Fluth aufgestiegen sind, einen wahren Wald von Kratern der Meerestiefe voraussetzen. Ihre grünen Ringe mit kahlem gelben Strandrande, die in der „purpurnen Fluth" zu schwimmen scheinen, und die blaugrüne Lagune wie einen Edelstein umfassen, bieten einen unvergeßlichen Anblick und Columbus taufte eine solche Inselwelt in der Nähe der Bermudas-Inseln, die „Gärten und Gärtchen (Jardines und Jardinillos) des Königs und der Königin".

Diese Krater-Theorie wurde denn auch bald wieder von der älteren und zähllebigeren Ansicht abgelöst, daß die Atolle einfach auf submarinen Erhebungen fußen und ihre charakteristische Ringform Ursachen verdanken sollten, die in den Eigenthümlichkeiten des Korallenwachsthums gegeben seien. Jeder Korallenbau sei als voller und geschlossener Bau emporgewachsen, aber die Korallen gediehen, je mehr sie sich der Meeresoberfläche näherten, nur am äußern Rande des Feldes, in der Brandung der äußern Ufer gut, und daraus folge ein centrifugales Wachsthum der Korallen, eine Ausbreitung am Umfange, während in der Mitte ein Absterben und Wiederauflösen, ein Zurückbleiben des Wuchses stattfinde, die zur Ausbildung der Ringform und der innern Lagune beitrüge. Am äußern Rande, der steil und sogar überhängend (wegen des fortschreitenden Randwachsthums) zu denken sei, stürzten beständig vom Sturme losgerissene Trümmer in die Tiefe, welche zur Vergrößerung des Grundbaues und zur Ausdehnung von unten auf führten. Die ersten Grundlinien dieser auf eine gewisse Strecke hin befriedigenden Theorie, wurden nicht, wie man meist angegeben findet, von dem Dichter und Naturforscher Chamisso auf seiner Weltumsegelung mit Kotzebue (1815—1818) aufgestellt, sondern vielmehr von seinem Reise-Begleiter, dem Schiffsarzte Eschscholtz, und von Chamisso nachdrücklichst bekämpft. Gleichwohl hat sie, wie wir sogleich sehen werden, ein sehr langes Leben gehabt.

Den ersten Stoß empfing sie, wie auch die Krater-Theorie, durch die Beobachtungen von Quoy und Aymard, den Naturforschern der Urania, auf ihrer Weltumseglung mit Kapitän Freycinet (1825), aus denen hervorging, daß die eigentlichen riffbildenden Korallen nur in geringen Meerestiefen gedeihen können, wenn auch ihre Annahme, daß sie nicht tiefer als 25 bis 30 Fuß unter der Meeresfläche vorkämen, etwas zu niedrig gegriffen war. Wurde aber auch später nachgewiesen, daß sie noch ein wenig



[illegible] Ausdehnungen, wie sie nur auf dem Monde [illegible] keine so gestreckte und hin- und [illegible] Korallenbauten auftreten, wie sie zah[illegible] Die größten irdischen Krater haben meist nur [illegible], während Atolle von 8 und 10 bis 1[illegible] keine Seltenheiten sind. Auch müßten [illegible] sie unsere Farbentafel darstellt, in denen [illegible] über Tausend solcher Inseln auf kleinem [illegible] sind, einen wahren Wald von Kratern [illegible] Ihre grünen Ringe mit kahlem gelben [illegible] Fluth" zu schwimmen scheinen, und [illegible] einen Edelstein umfassen, bieten einen unver[illegible] taufte eine solche Inselwelt in der Nähe [illegible] und Gärtchen (Jardines und Jardinillos) [illegible].

Diese Krater Theorie wurde denn auch bald wieder von der älteren [illegible] abgelöst, daß die Atolle einfach auf submarinen Erhebungen fußen und ihre charakteristische Ringform Ursachen verdanken sollten, die in den Eigenthümlichkeiten des Korallenwachsthums gegeben seien. Jeder Korallenbau sei als voller und geschlossener Bau emporgewachsen, aber die Korallen gediehen, je mehr sie sich der Meeresoberfläche näherten, nur am äußern Rande des Feldes, in der Brandung der äußern Ufer gut, und [illegible] ein centrifugales Wachsthum der Korallen, eine Ausbreitung [illegible], während in der Mitte ein Absterben und Wiederauflösen, ein [illegible] des Wuchses stattfinde, die zur Ausbildung der Ringform [illegible] beiträge. Am äußern Rande, der steil und sogar [illegible] des fortschreitenden Randwachsthums) zu denken sei, [illegible] Sturme losgerissene Trümmer in die Tiefe, welche [illegible] und zur Ausdehnung von unten auf [illegible] dieser auf eine gewisse Strecke hin be[illegible] nicht, wie man meist angegeben findet, von [illegible] Chamisso auf seiner Weltumsegelung mit [illegible] aufgestellt, sondern vielmehr von seinem Reise[illegible] Eschscholtz, und von Chamisso nachdrücklichst [illegible] hat sie, wie wir sogleich sehen werden, ein sehr [illegible].

[illegible] auch die Krater Theorie, durch die [illegible] Aymard, den Naturforschern der Urania, [illegible] Freycinet (1825), aus denen her[illegible] bildenden Korallen nur in geringen Meeres[illegible] ihre Annahme, daß sie nicht tiefer als [illegible] Meeresfläche vorkämen, etwas zu niedrig ge[illegible] später nachgewiesen, daß sie noch ein wenig

Ein Atoll-Archipel.

über 100 Fuß tief hinabgehen, so sind riffbildende Korallen doch niemals in Tiefen über 200 Fuß lebend angetroffen worden, die Riff-Korallenzweige des Ufers sind in diesen Tiefen sämmtlich abgestorben, und es ist demnach unmöglich, daß sie aus zwanzig bis hundert Mal größeren Tiefen, vom Meeresgrunde auf, solche Riffe aufgeführt haben könnten. Aus dieser Sackgasse fand endlich Darwin's Scharfblick, der auf seiner Weltumseglung mit dem „Beagle" (1832 bis 1836) auch den Korallenbauten seine Aufmerksamkeit widmete, einen Ausweg, indem er die Theorie aufstellte, welche die Vielgestaltigkeit der Riffe erklärte, und für lange Zeit den Beifall Humboldt's und der meisten jüngeren Naturforscher erntete. In seinem 1842 veröffentlichten Buche über den Bau der Koralleninseln zeigte er, daß sich die meisten Schwierigkeiten heben, wenn man annimmt, daß alle Korallenriffe nicht in der Tiefsee (was unmöglich wäre), sondern als Saumriffe in dem seichten Ufermeer der Inseln und Festlandküsten begonnen würden, und daß dann nachfolgende Senkungen des Meeresbodens sie erst in

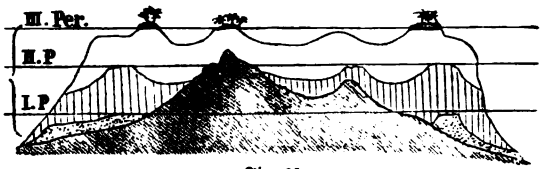


Fig. 35.
Erste Periode Saumriff; zweite Periode Wallriff; dritte Periode Atoll.

Wallriffe und dann (soweit es sich um Inselgürtel handelte) in Atolle verwandeln (Fig. 35). Ein Atoll wäre somit nichts andres als das vergrößerte Umrißbild einer versunkenen Insel, und seine Meeresthore oder Lücken entsprächen den ehemaligen Flußmündungen der Insel. Denn wenn das Saumriff mit der Insel allmälig tiefer sank, so erschien es, weil die jüngeren Korallen auf dem von ihren Ahnen gelegten Grunde weiter baueten, später als entfernter Wall um die Reste der Insel, um so mehr als die jungen Thiere, weil sie die Brandung dem stillen Wasser vorziehen, sich vorzugsweise am äußern Rande der Mauer ansiedeln. Verschwand endlich die Insel ganz unter dem Meeresspiegel, so verhinderten die emsigen Arbeiter das gleichzeitige Versinken ihres Riffes, indem sie Stockwerk auf Stockwerk thürmten, um immer dem Lichte nahe zu bleiben. Hob sich der Meeresboden oder sank die Oberfläche des Meeres nachmals durch Ursachen, welche auf den Baugrund dieser Inseln nicht einwirkten, so stieg das Atoll aus den Wellen empor. Einzelnen Schwierigkeiten der Darwin'schen Korallen-Theorie, zu denen namentlich die Voraussetzung der dauernden Senkungen gehört, hat man in neuerer Zeit durch andere Theorien zu begegnen gesucht, unter denen die von John Murray und Semper den meisten Wiederhall gefunden haben. Aber genau besehen sind sie nichts

anderes als Versuche, die alte Eschscholtz'sche Theorie neu zu beleben und sie besonderen Umständen anzupassen. Viele Gegner der Darwin'schen Korallen-Inseln-Theorie kämpften geradezu mit Windmühlen, indem sie die niemals von Darwin geläugnete Thatsache hervorhoben, daß es auch auf langsam emporsteigenden Meeresgebieten Korallenbänke giebt. Aber die Form und Erscheinung der aus tiefem Wasser aufsteigenden Ringinseln hat keine dieser Kampftheorien gleich befriedigend zu erklären vermocht.

Gleichwohl war der Kampf in neuerer Zeit ein hitziger geworden und es war das Vernünftigste, was man thun konnte, ein Atoll von obenher anzubohren, um zu sehen, wie tief der hauptsächlich aus Korallenkalk bestehende Riffstein hinabreiche. Diese zuerst von dem jüngeren Agassiz empfohlene Probe wurde 1896 von Sollas auf der Insel Funafuti (einem typischen Atoll der Ellicegruppe in der Südsee) begonnen und 1897—98 von David weitergeführt, wobei in Tiefen von 300 Metern und darüber noch immer mit Sandnestern abwechselnder Riffstein angetroffen wurde, also in sehr viel größeren Tiefen als riffbildende Korallen bewohnen können. Damit hat die Darwin'sche Atoll-Theorie eine nicht zu unterschätzende Stütze gewonnen und alle Versuche, die gefundenen Thatsachen im Sinne der Eschscholtz-Murray'schen Theorie zu verwenden, müssen als vergebliche Liebesmüh erscheinen. Der Riffstein ist zwar häufig in einem Zustande der Umwandlung, daß in seinem Gefüge kaum noch deutliche Spuren der Entstehung aus ehemaligen Korallenstöcken und Zweigen erkennbar sind. Im Besonderen gilt dies von den durch nachträgliche Einwirkung magnesiahaltigen Wassers in ihrer inneren Substanz umgewandelten Dolomitbergen der Triasformation. Und auch wo der Kalk keine Magnesia in wesentlichen Mengen aufgenommen hat, ist er im Laufe der Jahrtausende in Kalkspath und Marmor übergegangen.

Wäre dies nicht der Fall, so würde man erwarten dürfen, den Beweis eines senkrechten Aufbaues aus großen Meerestiefen am leichtesten an vorzeitlichen Korallenriffen führen zu können, bei denen nach dem Weggang des Meeres das alte Riff manchmal vom Scheitel bis zum Fuße frei vor Augen liegt. In der That sprachen in neuerer Zeit zuerst von Richthofen und dann mit sehr sorgfältiger Begründung Mojsisowicz die Meinung aus, daß die der Triaszeit entstammenden riffartigen Kalk- und Dolomitenwände unserer östlichen Alpenländer mit ihren steilgeböschten Rändern, ihrem Schichtungsmangel und ihrer raschen Auskeilung Ueberreste mächtiger Wallriffe seien, welche die aus krystallinischem Gesteine bestehende Centralkette der Alpen, die schon damals als Insel aus dem Triasmeere emporragte, umkränzt hatten, ähnlich wie heute das große Dammriff die Küste Queenslands. Die zwischen diesen steil emporstrebenden Riffe befindlichen geschichteten Kalkgesteine würden sich dann leicht und ungezwungen als Ablagerungen der Trümmermassen am Fuße und an den Oeffnungen des Riffes erklären lassen. Thatsächlich finden sie sich vorzugs-

weise zwischen dem muthmaßlichen Riff und dem aus kyrstalliniſchen Urgeſtein beſtehenden Centralſtock der Alpen.

Nun hat zwar dieſe Auffaſſung auch ſehr entſchiedene Gegner gefunden und es läßt ſich nicht läugnen, daß die Foſſilien-Armuth dieſer ungeſchichteten Kalk- und Dolomitklippen der Alpen, gegenüber vielen Gebilden der Juraformation, die ſich durch ihre Einſchlüſſe von Korallen mannigfachſter Art, von Seeigeln, Muſcheln u. ſ. w. deutlich als Korallenriffe zu erkennen geben (vgl. Fig. 36), recht auffällig iſt. Immerhin ſind nach

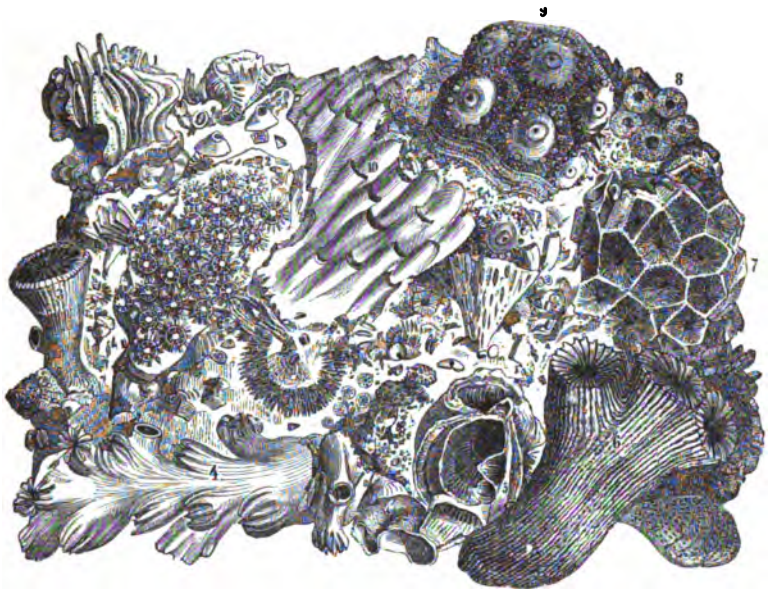


Fig 36.

Handſtück aus dem Korallenkalk von Nattheim. (Natürl. Größe.)
1. Lobophyllia alata. 2, 7. Astrăa tubulosa und helianthoides. 3, 5, 6. Zwei Arten der Steinkoralle (Lithodendron). 4. Tiaradendron germinans. 8. Scyphia Bronnii. 9. Cidaris coronata. 10. Explanaria alveolaris.

Neumayr Korallenbruchſtücke noch die häufigſten unter den erkennbaren Einſchlüſſen, und ſchließlich darf man nicht überſehen, daß jene als Korallenklippen des Triasmeeres in Anſpruch genommenen Kalk- und Dolomitfelſen viel älter und der Einwirkung eines warmen Meeres und der Tagewäſſer viel länger ausgeſetzt geweſen ſind, als die Jurakalke.

Auf den zackigen Zinnen der Dolomiten und auf den Kalkfelſen des Juragebirges ergreift den Kundigen das Gefühl, daß dieſe Naturbauwerke Zeugen nicht minder emſiger Arbeit lebender Weſen, als irgend die Pyramiden Egyptens, die mächtigſten Bauwerke der Welt darſtellen. Denn dieſe Rieſenberge ſind, wie zunächſt Buffon und der Großvater Darwin's ausſprachen, ſämmtlich „Monumente früherer Lebensluſt", es giebt über-

haupt sehr wenig kohlensauren Kalk in der Natur, der ohne Mitwirkung lebender Wesen aus den Kalksalzen des Meeres abgeschieden worden wäre; sie sind bildlich ausgedrückt, der Schweiß ungezählter und unzählbarer fühlender Wesen, die all' den Kalk vorher genossen und dann ausgesondert haben. Man hat mannigfache Berechnungen angestellt, um die außerordentliche Länge der Zeiten festzustellen, welche zur Vollendung fossiler Korallenbauten gehört haben mögen, indem man diesen Schätzungen heute beobachtete Verhältnisse zu Grunde legte. So hat z. B. Agassiz für die Korallenriffe, welche theils das Ufer Floridas umgürten, theils den Boden desselben bilden, eine Bauzeit von mehreren hunderttausend Jahren herausgerechnet, obwohl die Baumeister den jüngsten noch lebenden Geschlechtern angehören. Es bedarf kaum der Erinnerung, daß solchen Schätzungen eine besondre Zuverlässigkeit nicht beigelegt werden kann.

Um alle die unzähligen Absatz- (oder Sediment-) Bildungen der Erdrinde in eine chronologische Ordnung zu bringen, und die allgemeine Verständigung zu erleichtern, hat man die Erdgeschichte in einzelne Abschnitte oder Perioden getheilt, wie die Völkergeschichte, welche wir, so anmaßend als möglich, Weltgeschichte zu nennen pflegen. Die Juden und andre alte Völker begannen die Chronik ihrer Thaten vom Anfange der Welt zu datiren, und ihre Kalender geben letztere noch immer für einen Jüngling von noch nicht 6000 Jahren aus. Aber wie jeder Mensch viele Monate älter ist, als sein Taufschein besagt, so wissen wir nunmehr mit unumstößlicher Gewißheit, daß das Menschengeschlecht sehr viel älter ist, als seine geschriebene Geschichte, und daß sein wirkliches Alter, welches sich auf nicht viel weniger als hunderttausend Jahre belaufen mag, wiederum nur ein letztes Blatt in der dicken Chronik der Erde bildet. Grade wie in der Völkergeschichte spricht man nunmehr in der Erdgeschichte von einer Ur- oder Primordial-Zeit, und von einer alten, mittleren, neueren und neuesten Zeit, die man auch als Primär-, Secundär-, Tertiär- und Quartenär-Epoche unterscheidet. Jeder einzelne dieser Abschnitte wird dann wieder, wie es die Historiker auch sonst gethan haben, in Unter-Abtheilungen zerlegt, und zwar gewöhnlich wiederum in eine ältere, mittlere und neuere Abtheilung jedes Zeitalters.

Unsere Künstler geben dem Zeitgott gar treffend die Sanduhr in die Hand, und eine ungeheure Sanduhr war es auch, welche die Geschichte der Erde maß. Jener langsamer oder schneller in den Urmeeren emporwachsende und zu Schlammbänken angehäufte Schutt, zum Theil auch die aufeinandergeschichteten Ueberreste und Ausscheidungen absterbender Meereswesen bildeten die Füllung dieser ungeheuren Sanduhr. Ein mittleres Maß ihrer Geschwindigkeit annehmend, würde man darnach das Alter der Erdschichten nach Jahrtausenden vielleicht annähernd bestimmen können, wenn die Sanduhr nicht oftmals umgedreht worden wäre, um sie mit demselben Sande weitermahlen zu lassen, denn für die jüngeren Schichten-

bildungen gaben immer nur zum Theil die älteren hochragenden Urgebirgs-Massen und neu hervorgebrochenen plutonischen Gesteine das Material her; der größere Theil wurde oftmals durch neue Zerstörung älterer Wasser- und Windbildungen geliefert. Für die Forschung zum Glück entging wenigstens hier und da ein Stück der älteren Bildung späteren zerstörenden Einflüssen in möglichst vollständiger Weise, und wenn wir die Höhe der als aufeinanderfolgend erkannten Schichten messen, so können wir eine freilich immer zu gering ausfallende Schätzung von der schlammanhäufenden Thätigkeit des Meeres in den einzelnen Zeiträumen gewinnen. Dabei ergiebt sich nun die überraschende Thatsache, daß von den einhundertunddreißigtausend Fußen, welche die Gesammtheit dieser Wasserbildungen erreicht, allein mehr als die Hälfte (siebzigtausend Fuß) für die Ur- oder Primordialzeit entfallen, die also vielleicht länger gedauert hat, als alle folgenden Epochen zusammengenommen, wenn man nicht eine Beschleunigung der damaligen Absatzbildungen durch stärkere Fluthen und andre Verhältnisse annehmen will. Es ist dies die Zeit, in welcher die laurentischen, cambrischen und silurischen Schichten abgelagert wurden.

Die verschiedenartigen Absatzbildungen dieser Epochen sind aber in keinem Falle von derselben Beschaffenheit geblieben, wie sie sich gebildet hatten, sondern alle durch nachträgliche Einflüsse mehr oder weniger verändert worden. Unter diesen umwandelnden Einflüssen haben wir zunächst der Wirkungen des Druckes und der innern Wärme, der Luft und des Wassers und endlich chemischer Einflüsse zu gedenken, die in Form von mineralischen Wässern oder Dämpfen auf dieselben einwirkten. Je nachdem eine oder mehrere dieser Ursachen kürzer oder andauernd auf die Absatzbildungen gewirkt haben, können die Umwandlungen derselben mehr oder weniger stark sein; im Allgemeinen, wenn auch durchaus nicht als ausnahmslose Regel, werden wir bei den ältesten Schichten die bedeutendsten Umwandlungen (Metamorphosen) erwarten müssen. Die allgemeinste dieser Veränderungen besteht aber darin, daß der ursprünglich weiche Schlamm des Absatzes sich wiederum in harten Fels verwandelt hat. Zum Theil geschah das durch den eigenen, oft zu gewaltigen Summen steigenden Druck der ungeheuren auflagernden Massen, zum Theil in Folge einer Verkittung der einzelnen Trümmer durch allmälig eindringende cementirende Flüssigkeiten. Hierher gehören namentlich die verschiedenartigen Schieferformationen, deren blätterige Beschaffenheit zum Theil auf dieselben Ursachen, wie ihre Festigkeit zurückzuführen ist. Zu dem Ende angestellte Versuche haben gezeigt, daß man feingeschlemmte Mineralmassen durch starken Druck in einer hydraulischen Presse nicht nur in eine harte, steinartige Masse, sondern auch in eine solche mit blättrigem Gefüge, wie die Schiefer es zeigen, verwandeln kann. Bei den Schiefern einer späteren Zeit, welche zahlreiche Einschlüsse organischer Wesen enthalten, kann man aus der Breitpressung der Formen

dieser letzteren, wie Dan. Scharpe zuerst bemerkt hat, beweisen, daß wirklich nach ihrer Einlagerung eine derartige heftige Pressung stattgefunden haben muß. Dieselbe bleibt also erkennbar, auch wenn spätere Einwirkungen für den heutigen Beobachter die Massen wieder entfernt haben sollten, welche den Druck ehemals ausgeübt haben.

Der Reichtum der älteren Schiefer an ausgeschiedenen Glimmerplättchen ist möglicherweise die Folge eines langsamen Krystallisationsprocesses in der Jahrhunderte hindurch mit Wasser bedeckten und von demselben durchdrungenen Masse. Zugleich konnte der aufgelöste Kalk derselben zur besseren Verkittung der Trümmer-Bestandtheile beitragen. Ebenso konnten Wässer mit anderem Mineralgehalte nachträgliche Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung vieler Schichten hervorbringen, und so sind wahrscheinlich die Dolomitgebirge, deren spitze und zackige Formen so viel zur malerischen Schönheit der österreichischen Alpen beitragen, durch Einsickern magnesiahaltiger Gewässer in die Spalten der Kalkgebirge auf äußerst allmälige Weise entstanden; auf ähnliche Weise ist der Kalk an manchen Orten in Gyps verwandelt, oder durch langsame Verwesung seiner organischen Einschlüsse mit bituminösen Stoffen getränkt worden.

Als eine der wirksamsten umwandelnden Ursachen ist ferner die Wärme zu betrachten, sei es die von einem feuerflüssigen Innern ausstrahlende, minder starke, aber durch unendliche Zeiträume wirkende, oder die von sogenannten Eruptivgesteinen ausgehende Gluth, wenn dieselben in Spalten der Absatzschichten emporgedrungen waren. Den letzteren Vorgängen, die wir sogleich näher betrachten wollen, hat man in der Regel die Umwandlung einfach körniger Kalkmassen in glasigen Marmor, und diejenige von Kohlenlagern in Coks u. s. w. zugeschrieben, und in der That findet man derartige Umwandlungen nicht selten in der Nachbarschaft eruptiver Gesteine. Allein in neuerer Zeit hat man darauf aufmerksam gemacht, daß dies keineswegs immer der Fall ist, und daß bei starker Verwerfung von Schichten, wie sie durch verschiedene Ursachen hervorgebracht werden, wahrscheinlich auch durch die innere Reibung der Massen so starke Wärmegrade erzeugt werden, um jene beginnende Schmelzung einzuleiten, durch die man unter hohem Druck auch künstlich Kalkstein in marmorartige Massen umwandeln konnte.

Die feuerflüssig emporquellenden Eruptivgesteine, welche die Absatzschichten manchmal senkrecht durchbrechen, gehören nicht in dem Grade zu den alle frühere Ordnung umkehrenden Einflüssen, wie man sonst wohl glaubte. Man nahm ehemals vielfach an, die Erdoberfläche habe in Folge ihrer Abkühlung und Zusammenziehung Risse und Spalten bekommen, durch welche die feuerflüssigen Gesteinsmassen des Inneren, jene horizontalen Absatzschichten hebend und gewaltsam zu Gebirgen aufthürmend emporgedrungen seien. Allein das unbefangenere Studium der Neuzeit ergab, daß in der Nähe der seit den ältesten Zeiten emporgedrungenen Feuergesteine nur ganz ausnahmsweise so gewaltige Störungen und Ver-

werfungen der Schichten vorkommen, wie man sie an andern Orten, wo keine derartigen Gesteine zu Tage treten, beobachtet. Vielmehr gleicht das Auftreten dieser von Innen ausgehenden und die Rinde der Erde mehr oder weniger hoch durchsetzenden Adern von geschmolzenem Gestein mehr einem ruhigen Aufsteigen in einer auf andre Weise entstandenen, tief hinabgehenden Spalte, denn oftmals hat das feuerflüssige Gestein oben nicht einmal einen Ausweg erzwungen, und erinnert dann an die Ausspritzung der Gefäße eines anatomischen Präparates mit Wachs, wobei eine Erweiterung der Spalten natürlich nicht ausgeschlossen ist. Solche Aderausfüllungen sieht man sogar aus Granitmasse und ein ähnliches Vorkommen, wie das in Fig. 37 dargestellte, war es, welches den be-

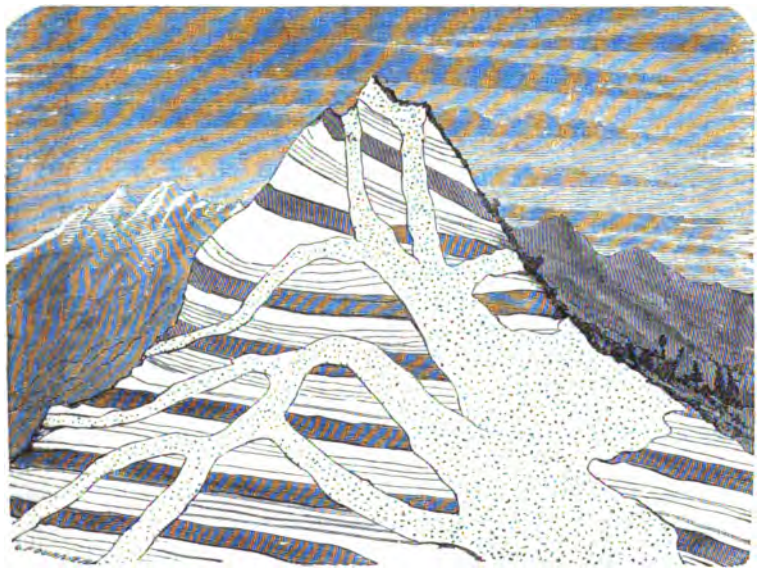


Fig. 37.
Gneis mit Granitgängen aus den Cap Wrath-Bergen in Schottland.

rühmten englischen Geologen Hutton 1785 die folgenschwere Ueberzeugung verschaffte, daß der Granit ein plutonisches Gestein sei wodurch der Plutonismus über den bis dahin einseitig angewendeten Neptunismus und die Sintfluth-Theorie (Diluvianismus) zum Siege gelangte. Oft hat sich der Strom in Seitenspalten vertheilt, und fand er oben einen Ausweg, so quoll die feuerflüssige, Masse, domförmige Hügel und Berge bildend, wie bei einem gewöhnlichen Lavaausbruch, der sich bald durch Erkalten selbst den Ausweg versperrt, hervor. So sind z. B. die meisten Kuppen des Siebengebirges entstanden, und in ähnlicher Weise hat man in der Neuzeit durch Aufschüttung von Lava und vulkanischer Asche Krater-

berge schnell entstehen sehen, und war dadurch zu der völlig irrigen, jetzt vielfach widerlegten Theorie geführt worden, es handle sich dabei um eine blasenförmige Auftreibung der Erdrinde mit strahlenförmiger Erhebung der Schichten rings um den Punkt, oder zu beiden Seiten der Linie, gegen welche sich die vulkanische Gewalt gerichtet.

Die Erstarrungs- oder Eruptivgesteine bieten ein entwicklungsgeschichtliches Interesse nach zwei Richtungen, nämlich nach der physikalischen und nach der chemischen Seite. Während die Absatzbildungen sich immer wiederholen, sind die Erstarrungsgesteine im Laufe der Zeiten fortlaufend andere geworden. Die ältesten sind die Granit- und Quarz-Porphyre mit ihren Varietäten, die in der Regel als gewaltige Adern des Erdinnern oder als Gebirgskerne vorkommen, und sich dadurch auszeichnen, daß sich in ihnen

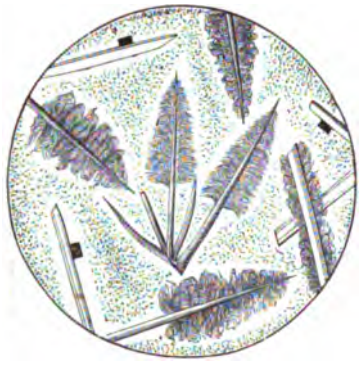


Fig. 38.
Augitgebilde im Pechstein von Arran nach Zirkel.

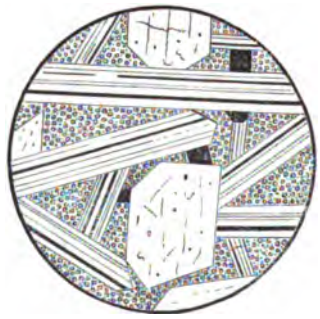


Fig. 39.
Durch Körnchen entglaste Eruptivgesteinsmasse.

die Bestandteile meist in großen Krystallen ausgeschieden haben. Es deutet dies auf einen langsameren Erstarrungsproceß, der sich seinerseits durch die größere Wärme der viel stärker lastenden Atmosphäre der Urzeit und durch das häufige Vorkommen in abgeschlossenen Erdspalten erklärt, wodurch die Abkühlung erheblich verlangsamt werden mußte. Chemisch zeichnen sie sich vor späteren Eruptivgesteinen durch einen größeren Gehalt an Kieselsäure und Thonerde aus, weshalb sie Bunsen als Acidite bezeichnet hat.

Eine ähnliche Zusammensetzung, wie diese, wegen ihres häufigen Verborgenbleibens in der Erde auch Plutonite genannten Gesteine, zeigen nun auch eine Anzahl älterer Eruptivgesteine, die sich einen Ausfluß nach oben erzwungen, und dort in der oben angedeuteten Weise durch Ueberfließen der Mündung Kegelberge gebildet haben, weshalb sie Vulkanite genannt werden. Zu diesen vulkanischen Aciditen gehören die Trachyte, Phonolithe, Obsidiane u. s. w. Bei ihnen konnte, weil sie unmittelbar an die Luft traten, ein schnelleres Erstarren stattfinden und daher rührt ihr mehr gleichmäßiges Gefüge her, ja bei einzelnen, wie z. B. beim Obsidian,

eine glasartige Beschaffenheit. Wir wissen, daß sehr langsam abgekühlte Glasflüsse und Laven durch Krystallisation ihrer Bestandtheile undurchsichtig (entglast) werden. Immerhin bringt man es beim Versuch einer Nachahmung der Natur, durch welche aber viele Bestandtheile der Eruptivgesteine, z. B. zahlreiche Feldspatharten, bereits künstlich dargestellt wurden, nur zur Bildung kleinerer Krystalle, wie sie sich aber auch in der Natur finden und zeigen, wenn man aus schneller abgekühlten Eruptivgesteinen Dünnschliffe für das Mikroskop herstellt. Die vorstehenden Figuren (38 und 39) stellen derartige Krystallbildungen in Dünnschliffen dar, wie sie die mikroskopische Geologie in neuerer Zeit vielfach zum Studium benützt, um die Verhältnisse ihrer Bildung zu enträthseln. Sehr merkwürdig sind die namentlich in ältern Eruptivgesteinen eingeschlossenen Flüssigkeitströpfchen, welche sich häufig als aus flüssiger Kohlensäure bestehend ausgewiesen haben, und anzudeuten scheinen, daß die Erstarrung unter einem sehr hohen Druck stattgefunden haben müsse. Die Atmosphäre der Erde war damals viel ausgedehnter und reicher an Kohlensäure als heute, da die Kohlensäure erst später durch organische und Verwitterungsprocesse mehr und mehr gebunden und zerlegt worden ist, und wahrscheinlich enthielt die damalige Atmosphäre auch wegen ihrer höheren Temperatur größere Wasserdampfmengen.

Die in späteren Zeiten aus dem Erdinnern hervorgetretenen Eruptivgesteine und zwar sowohl die plutonischen, zu denen die Grünsteine, Porphyrite, Trappe und Syenite als Hauptgruppen zählen, wie auch die *vulkanischen* Laven, die zu der Gruppe der Basalte gehören, zeichnen sich durch einen etwas geringeren Gehalt an Kieselsäure (Quarz) und Thonerde aus, während ihr Gehalt an Eisen, Kalk und Magnesia zugenommen hat, weshalb sie *Bunsen* zum Unterschiede von den *Aciditen*: *Basite* genannt hat. Man hat sich diese Unterschiede so erklärt, daß man meinte, in der feuerflüssigen Erdkugel seien die Stoffe nach ihrer specifischen Schwere angeordnet gewesen, so daß die äußern und obern Theile vorwiegend an Kieselsäure und Thonerde reich waren, die mithin zur Bildung der Erstarrungskruste und der ältesten Eruptivgesteine das Hauptmaterial bieten mußten. Die jüngeren Eruptivgesteine kämen aus größeren Tiefen und seien deshalb eisenreicher und dunkler gefärbt. Diese Erklärungsweise klingt wohl recht verführerisch und mag auch nicht völlig ohne Berechtigung sein; indessen muß bemerkt werden, daß jene Unterscheidung der ältern und jüngern Eruptivgesteine in Acidite und Basite wohl im Allgemeinen, aber nicht in jedem einzelnen Falle zutreffend ist; es hat nämlich, wenn auch selten, in älteren Zeiten Basit- und in jüngeren Acidit-Eruptionen gegeben, so daß es sich hier, wie in sehr vielen Dingen, um eine Regel mit Ausnahmen handelt. Diese Ausnahmen können aber möglicherweise durch Zufälligkeiten hervorgebracht werden, so z. B. in dem Falle der älteren Basite durch tiefere Eruptionsherde, und in dem umgekehrten Falle durch Eröffnen

bisher unerschöpfter 'oder durch vulkanisches Einschmelzen neu gebildeter Aciditflüsse.

Höchst merkwürdig ist an den jüngern Basalten und Laven ihre chemische Uebereinstimmung mit den Hauptbestandtheilen der Meteorsteine, so daß wir dadurch eine Idee von der quantitativen Zusammensetzung des Urnebels erhalten, aus dem sich sowohl die Erde als die Meteoriten gebildet haben. Denn da sich das Hauptmaterial der Acidite im Erdinnern erschöpft zu haben scheint, und der weitaus größere Theil der neueren Ausbrüche den Bestandtheilen der Meteormassen nähert, so sehen wir, daß der Reichthum der Erde an Kiesel und Thon, wie er uns bei einem oberflächlichen Umblicke erscheint, doch nicht so ins Gewicht fällt, wie der an Metallen, worauf auch die Ermittelung des specifischen Gewichtes der Erde bereits hingedeutet hatte. In der Regel mögen uns die eruptiven Gesteine die Erze, welche die sogenannten Gänge und Spalten erfüllen, aus dem Erdinnern mit emporgebracht haben, sei es in Gestalt metallischer Dämpfe, die sich unterwegs verdichteten, oder, was der häufigere Fall sein dürfte, in ihrer Masse selbst, aus der sie dann durch mannigfache Verwitterungs-, chemische und Auslaugungs-Prozesse in erzreicherer Form ausgeschieden wurden, wie denn z. B. Zinngänge nur in zinnhaltigem Muttergestein u. s. w. gefunden werden.

Was die Vulkane im irdischen Haushalt bedeuten, und ob ihnen eine wesentliche Rolle im Entwicklungsgange der Erde zukommt, diese Fragen bilden noch immer einen Zankapfel der Geologen und Physiker. In älteren Zeiten und noch unter der Herrschaft der Werner'schen Schule bis zum Anfange unsres Jahrhunderts war man geneigt, die vulkanischen Erscheinungen für Vorgänge, die lediglich in der äußeren Rinde der Erde ihren Schauplatz hätten, anzusehen. In den obern Schichten verlaufende Schwefel- und Kohlenbrände, chemische Reaktionen und dergleichen sollten die rein örtlichen Veranlassungen bieten. Als dann aber Leopold von Buch und Humboldt mit weiterem Blicke die Erderscheinungen vom Gesichtspunkte der Kant-Laplace'schen Theorie zusammenfaßten, dabei die Erscheinungen der in der Tiefe regelmäßig zunehmenden Erdwärme, der heißen Quellen und Geysire, der Erdbeben und Eruptionen Rechnung trugen, begann man die vulkanischen Erscheinungen als Reaktionen des noch flüssigen Erdinnern gegen die schon erkaltete Kruste, und die Vulkane selbst als Sicherheitsventile gegen ein Bersten und Zersprengen schwächerer Stellen anzusehen. Man wies auf die Vertheilung der Vulkane über die Erdoberfläche hin, betonte, daß die meisten in der Nähe des Meeres liegen, nahm ein Herabsinken der Feuchtigkeit durch tiefe Spalten bis zum „Centralfeuer" als wahrscheinliche Ursache der explosionsartigen Natur mancher Ausbrüche an, weil dort, wo das Wasser den glühenden Kern berühre, mächtige Dampfentwicklungen stattfinden müßten, deren Ausbruch die Erde erschüttern, die losen Sande und Steine der Oberflächen, Schichten,

theils im halbangeschmolzenen Zustande (Lapilli und sogenannte Bomben) emporschleudern, und dann Theile des flüssigen Erdinhalts als Laven emporpressen sollten. Aus diesem Gesammtbilde, welches den Pluto in einem immer wieder erneuerten Kampfe mit dem Neptun darstellt, schieden zunächst die angeblich blasenförmigen Auftreibungen der Rinde, von denen schon die Rede war, da sich die Krater lediglich als Aufhäufungen von vulkanischer Asche und Laven um die Ausbruchsöffnung erkennen ließen, ebenso mannigfache Formen von Erdbeben, die sich als Folgen der Störungen in der Gleichgewichtslage der tektonischen Verhältnisse darstellten, wenn z. B. vom kalten Wasser oder durch heiße Quellen ausgewaschene Hohlräume der Erdrinde zusammenstürzen, und es wurde mehr und mehr ein Rückzug zur alten Annahme einer mehr oberflächlichen und örtlichen Natur der Vulkane angetreten. Nach Mallet sollte durch die fortschreitende Zusammenziehung des Erdmantels mechanische Kraft in Wärme umgesetzt werden, welche durch die an einzelnen Stellen besonders stark hervortretende Spannung und begünstigt durch chemische Processe, die Gesteine einschmelzen und an einzelnen undichten Stellen durch Klüfte emordrängen sollten. Für den begränzten Spielraum solcher Erscheinungen, spräche das Vorhandensein häufiger, völlig zur Ruhe gekommener vulkanischer Gebiete, wie in Europa die der Eifel und Auvergne, deren heute mit Wasser gefüllte Krater melancholische Rundseen (Maare) auf denselben Gipfeln bilden, von denen früher glühende Laven geflossen.

Dem letzteren Beweisgrunde für die locale und oberflächliche Natur der Vulkane hält aber das durch Jahrhunderte und Jahrtausende andauernde Fortbestehen anderer Vulkane, wie des Aetna, Vesuv, Stromboli, Hekla u. s. w. das Gegengewicht und man kann folgerichtig nur sagen, daß an einzelnen Stellen sich tief hinabreichende Klüfte oder Schlote der Erdrinde eröffnet haben, durch die lavaartige geschmolzene Massen, entweder beständig an die Oberfläche treten, wie in dem Feuersee des Kilauea-Kraters auf Hawai, oder in Pausen (Ausbrüchen) der meisten Vulkane, sobald eine Entlastung des für gewöhnlich auf ihnen lagernden Druckes vorübergehend eintritt. Ob bei dieser zeitweisen Ueberwindung des Erd-, Wasser- und Luft-Druckes Gestirn-Constellationen eine befreiende Rolle spielen, wie die Theorien von Perrey und Falb annahmen, die ursprünglich von einer förmlichen Ebbe und Fluth des flüssigen Erdinnern ausgingen, sich aber nach und nach auf eine Ebbe und Fluth des Atmosphärendruckes haben herabhandeln lassen, ist nicht eben wahrscheinlich, statistische Vergleichungen, wie sie noch kürzlich von Semmola (1895—97) ausgeführt wurden, ließen keinen merklichen Zusammenhang zwischen Vesuvausbrüchen und Springfluth-Constellationen erkennen. Eine unmittelbare Untersuchung der Zustände in den Schlöten, wie sie Empedokles zu seinem Verderben angestrebt haben soll, ist selbst in den Zwischenzeiten verhältnißmäßiger Rufe ausgeschlossen, wir können uns zur Beur-

theilung fast nur an die Auswurfsstoffe der Vulkane selbst halten, unter denen die Laven die wichtigsten sind.

Während man früher wohl die Lava einfach für geschmolzenes Gestein oder kurzweg für einen heraufquellenden Strom der feuerflüssigen Erdfüllung hielt, obschon die Möglichkeit ihrer Dünnflüssigkeit aus physikalischen Gründen von andern Physikern beanstandet wurde, zeigte die genauere Betrachtung, daß die gluthflüssige, über 2000° heiße Lava ursprünglich ein flüssiges Gemenge (Magma) von geschmolzenen Mineralstoffen mit Wasserdampf und verschiedenen Gasen, welche durch den in der Tiefe herrschenden Druck, in der Mineralmasse, die sie verdünnen, gefangen

Fig. 40.
Der Vulkan von Bourbon nach Scrope.

gehalten werden, darstellt. Sobald der Druck nachläßt, befreien sich diese Gase und Dämpfe, treiben die Lava in den Kraterschlöten empor, und bewirken das feurige Sieden derselben, die Bildung eines Steinschaumes (Bimsstein) und das Herausschleudern der theilweise in ein feines Mineralpulver verwandelten Schaummassen und Verbrennungsproducte als sogenannte vulkanische Asche, gleichzeitig mit den angeschmolzenen Steinen (Lapilli und vulkanischen Bomben) der Schlotwände. In manchen Vulkanen wird ein der Glaswolle analoges Gespinnst, welches auf Hawaï als Pele's Haar, das Haar der im Krater thronenden und rumorenden Göttin Pele bezeichnet wird, erzeugt und ausgeworfen.

Die Vulkane speien in Perioden, die den allmälig nach jedem Ausbruche wieder anwachsenden Spannungen der Tiefe entsprechen, aber hier, wo erstarrte feste Massen den Ausweg sperren, meist nicht so regelmäßig ausfallen, wie bei den Geysiren, wo eine hohe Wassersäule, dem unten durch vulkanische Wärmezuführung überhitzten Quell-Wasser so lange das Gleichgewicht hält, bis die Spannkraft der zurückgehaltenen Dämpfe diesen Druck überwindet. In Vulkanen, die durch ihre eigenen Auswürflinge längere Zeit fest verstopft gehalten wurden, äußert sich die Befreiung der Dämpfe in gewaltigen Explosionen, die zu einer in die Luft Sprengung (sogenannten Ausblasung) des alten Kraters führen, von dem dann nur

noch die Grundmauern stehen bleiben, und den neu sich bildenden Krater wie ein großer Wall oder Cirkus umgeben. Ein solches Bild zeigt der Vulkan der Insel Bourbon (Fig. 40), der Vesuv, bei dem dieser Vorgang sich wiederholt hat, mit seinem Somma-Walle, der ihn wie ein nach einer Seite herabgesunkener Mantel umgiebt, und viele andre Vulkane, z. B. auch der Volkano und Volkanello der liparischen Inseln, die aber nicht wie die jüngeren Vesuvkrater immer im Mittelpunkt des alten aufgeschüttet wurden, sondern aus neuen Seitenschloten und darum excentrisch emporstiegen. Die jüngste derartige Ausblasung war die des Krakatau (1883), deren feinster Staub die gesammte Atmosphäre der Erde jahrelang erfüllte und prachtvolle Dämmerungs-Erscheinungen erzeugte. Die Ausblasung des lange für erloschen gehaltenen Vesuvs im Jahre 79 n. Chr. begrub mit ihrer Asche Pompeji und Herkulanum und ließ vom alten Krater nur den Monte di Somma übrig.

Die Lavaergüsse, welche die Flanken und den Fuß der Vulkane oft wie übereinanderliegende Zwiebelschalen bedecken, sind in ihrem Aussehen, wie in ihrer chemischen Zusammensetzung oft recht verschieden; selten sind sie glasig und erzeugen dann bei ihrer Erstarrung einen halbdurchsichtigen Fels wie den Obsidian, meist sind sie blasig und noch nach dem Ausflusse stürmische Gasentwicklungen mit Schlackenaufthürmung an einzelnen Stellen erzeugend. In der Regel wälzt sich der Lavastrom, wenn er sanftere Böschungen erreicht, wie ein zähflüssiger Schlamm vorwärts, und bildet manchmal ein Gewirr sich durch- und übereinanderschiebender und windender wurstartiger Massen, die man als Gekröselava (Fig. 41) bezeichnet. In der Tiefe glüht sie oft jahrelang weiter, aber in verhältnißmäßig kurzer Zeit bedeckt sich die verwitternde Oberfläche mit einer Vegetation von Flechten, den Pionieren der Pflanzenwelt. Noch schneller schmückt sich die weitumhergestreute vulkanische Asche, die unter dem Einflusse der meteorischen Wässer zu Tuffen erhärtet, an ihrer Oberfläche mit frischem Grün, und unter fruchtbaren Himmelstrichen prangt die Stätte der furchtbarsten Zerstörung bald wieder mit üppiger Vegetation; — die vulkanischen Ausbrüche bilden nur Intermezzis in der Erdgeschichte, deren

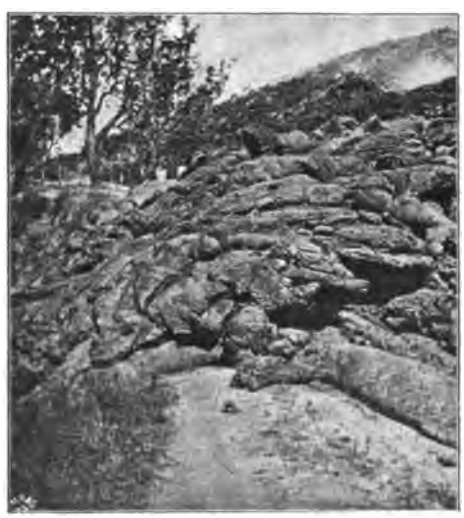


Fig. 41
Gekröse-Lava vom Vesuv. (Nach Photographie.)

ſichere Spuren kaum von einer Erdperiode in die andere verfolgt werden können.

Unter den verſchiedenen Arten der Laven ſind keine berühmter geworden, als die Baſalte, baſiſche Laven, mit oft eiſenreichen Gemengtheilen, die ſich ſeit der Tertiärzeit aus vielen Vulkanen ergoſſen haben, und unter der Führung Werners lange Zeit für Mineralien neptuniſchen Urſprungs gehalten wurden. Sie lieferten ſpäter das hauptſächlichſte Kriegsmaterial im Kampfe gegen die Neptuniſten, die ganz ſicher in ihnen Sedimentbildungen zu erkennen glaubten, bis die Beweiſe, daß alle Baſalte einſt feuerflüſſig geweſen, und Feuerwirkungen auf ihre Umgebungen geäußert haben, immer erdrückender wurden, und der „ſchwarze Teufelsmohr"

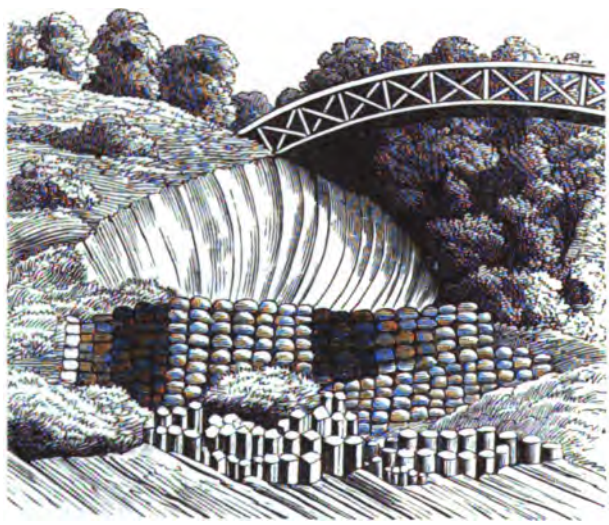
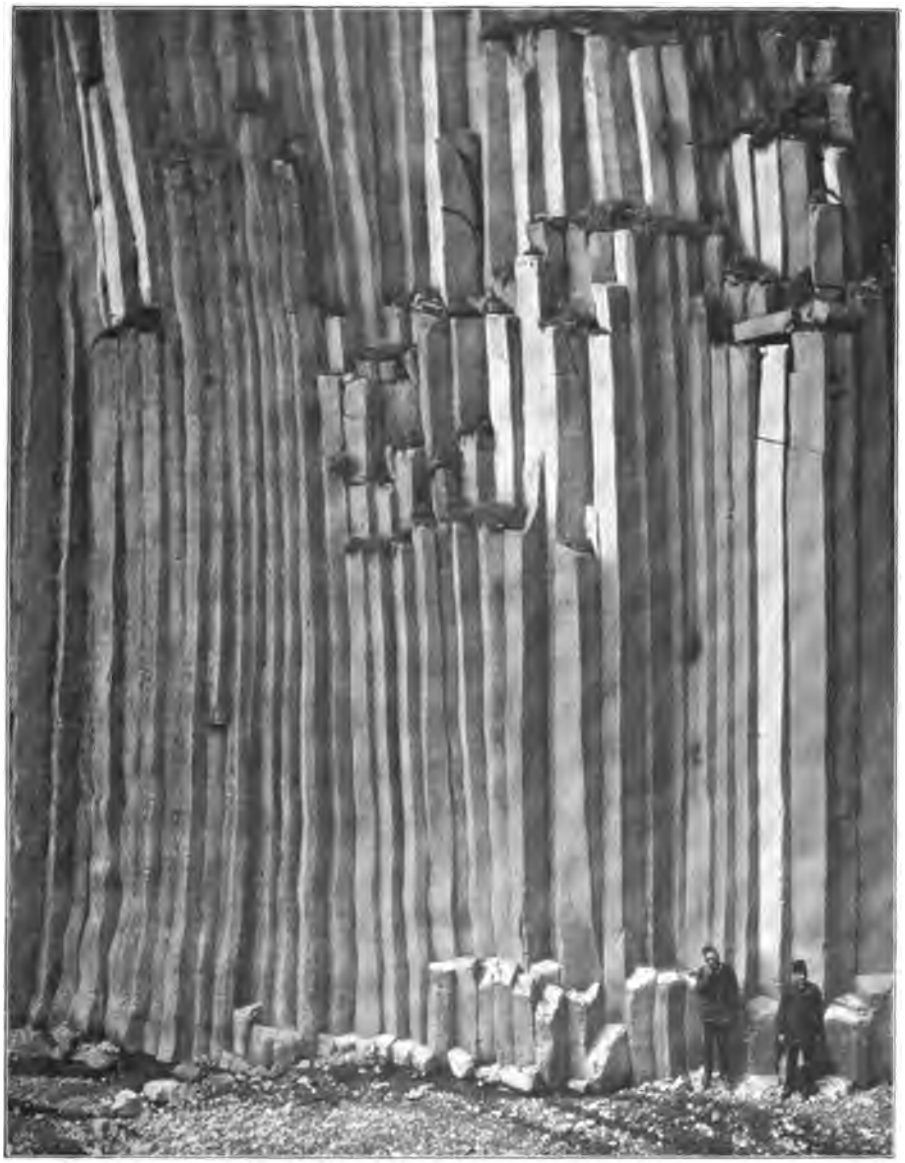


Fig. 42.
Käſe- oder Feengrotte bei Bertrich.

— man erkannte urſprünglich nur ſchwarze, durch Magneteiſen, Olivin, Hornblende und andre Mineralmenglinge dunkelgefärbte Baſalte an — nicht länger als Kind des Feuers verleugnet werden konnte. Der um die Wende des Jahrhunderts wogende Streit um die Entſtehung der Baſalte war ein ſo erbitterter und fernerſtehende Freunde der Erdkunde ſo verwirrender, daß Goethe in ſeinem bekannten Gedichte Amerika glücklich pries, weil es nach damaliger Anſicht keine Baſalte haben ſollte.

Vielleicht ſteht es mit der ſchnelleren, an der kälter gewordenen Erdoberfläche in wenigen Jahren vollendeten Erſtarrung der jüngeren Laven und plutoniſchen Geſteine in Zuſammenhang, daß ſie eigenthümlichen Abkühlungszerklüftungen unterliegen, durch welche ſich die Baſalte viel häufiger als die älteren Eruptivgeſteine auszuzeichnen pflegen. Das gefloſſene Ge-

Basalt-Landschaft von Kurû Seráï bei Boyabád.
(Nach Aufnahme von G. von Prittwitz 1893)



Basalt-Säulen von Kurû Seráï bei Boyabád.
(Nach Aufnahme von G. von Prittwitz 1893)

stein hat sich in drei bis neunseitige Säulen gegliedert, die senkrecht zur Abkühlungsfläche zu stehen pflegen, und häufig äußerst malerische Felsbildungen erzeugt haben. Die meerumspülte Fingalshöhle auf Staffa und der sogen. Riesendamm von Antrim (Irland) sind nächst den Orgelpfeifenbergen der Rheinufer und der sächsischen Schweiz die bekanntesten Vorkommnisse; eine der schönsten Basaltlandschaften, von der wir zwei Tafeln beifügen können, ist in den letzten Jahren von deutschen Offizieren (Kannenberg, von Prittwitz, v. Flottwell) bei Kurû Serâï unweit Boyabad (Paphlagonien) entdeckt worden. Manchmal erheben sich Basaltfelsen senkrecht wie Pyramiden im Thale, z. B. der sogenannte Nadelfelsen (Rocher d'Aiguille) bei Puy en Velay, der sich bei nur 170 m Basisumfang 96 m hoch im Bornethale steil erhebt und seit 965 eine Michaelskapelle auf seinem Gipfel trägt. Solche Vorkommnisse sind vermuthlich als ehemalige Krater-Ausfüllungen zu deuten, von denen der Aschenmantel abgewittert und nur der Kern stehen geblieben ist; die Säulen stehen darin mitunter wie die Hölzer eines Meilers oder strahlig um einen Mittelpunkt gruppirt. Nicht selten sind auch die Säulen durch regelmäßige Quertheilungen weiter zerklüftet, wie in der Käsegrotte bei Bertrich an der Mosel (Fig. 42) oder die Absonderung war von Anfang an eine kugliche oder schalige. Durch Trocknung sich zusammenziehende Breimassen, wie z. B. Kartoffelstärke bieten ähnliche Zerklüftungserscheinungen.

Die Vulkane sowie die heißen Quellen und Geysire, die sich in ihrer Nachbarschaft, oder auf den Stätten ehemaliger vulkanischer Thätigkeit finden, entziehen durch ihre Eruptionen, Ausflüsse und Gasausströmungen dem Erdkörper im beschleunigten Tempo die innere Wärme, welche durch bloße Leitung nach der Oberfläche und Ausstrahlung von dort in den Weltraum viel langsamer verloren gegangen sein würde, ebenso wie auch die Meeresbecken von Anfang an stark abkühlend, verdichtend und senkend auf ihren Unterboden gewirkt haben mögen. Als die wahrscheinliche Folge dieser mit vereinten Kräften bewirkten Wärme-Entziehung haben wir die Erhebung der Gebirgsketten zu betrachten. Der heiße Erdkern wurde durch die unausgesetzten Wärme- und Stoffausgaben natürlich allmälig kleiner und damit mußte das ihn anfangs knapp umschließende Gewand der Erdrinde im selben Maßstabe zu weit für ihn werden, stellenweise nachsinken und sich in Falten legen. Man hat früher die Gebirge für durch vulkanische Gewalt gehobene Schichtenketten gehalten, allein ein genaueres Studium der Alpen und Apenninen hat mit Sicherheit ergeben, daß wenigstens diese Gebirge nicht plötzlich, sondern allmälig erhoben worden sind, durch unwiderstehliche, aber langsam wirkende Gewalten. Das Alpenland erhob sich zwar schon in früheren Epochen zeitweise über dem Meeresspiegel, aber die Haupt-Erhebung geschah erst, wie die mitgehobenen Absatzschichten beweisen, in der Mitte der Tertiärzeit, diejenige der Apenninen noch bedeutend später. Schon Elie de Beaumont sah

die Gebirgserhebungen theilweise als Folgen einer horizontalen Zusammenschiebung der Erdrinde beim Schrumpfen des Erdkernes an, und in neuerer Zeit haben Mallet, Dana, Suess, Runge, Heim und andere Geologen die Beweise dafür geliefert; auch hat man diese Erscheinungen künstlich nachgeahmt, indem man einen aufgeblasenen Kautschukballon in geschmolzenes Wachs tauchte, und sich nach dem Erkalten durch langsames Ausströmen der Luft zusammenziehen ließ, wobei sich das Wachs zu Kettengebirgen aufbäumt.

Die Runzeln im „Antlitz der Erde" sind also gutentheils Jugendmerkmale, die Zeichen einer beständigen Verjüngung von innen aus und erst wenn die inneren Kräfte der Erde vollständig zum Stillstand gekommen sein werden, wird es keine neuen Gebirgserhebungen mehr geben. Dabei mögen Aufquellungen der Unterschichten durch Erwärmung und chemische Veränderungen ihrer Struktur, sowie andere Kraftentwicklungen häufig mitgewirkt haben, als vornehmste Ursache der wundersamsten Aus- und Einbiegungen vordem horizontalgelagerter Schichten, bei denen oft des Unterste zu oberst gekehrt (dislocirt) ist, wird aber der horizontale und tangentiale Druck bestehen bleiben, dessen Wirkungen im Einzelfalle oft erst durch genaues Verfolgen der in Durchschnitten aufgeschlossenen Schichten enträthselt werden können. Denn oft ist meilenweit der Kamm einer Falte „überkippt" und die Schichten folgen dann von unten nach oben erst in umgekehrter Reihe und dann im obern Schenkel der Falte wieder in richtiger Folge. Wir können hier den Möglichkeiten der Verwerfungen im Dislokations-Gebirge nicht weiter folgen und nur sagen, daß sich die vorkommenden Fälle nach der neuen Anschauung viel leichter verstehen lassen, als nach der alten plutonischen oder vulkanischen Hebungstheorie.

In den meisten eigentlichen Gebirgsländern sieht man demnach auch die ursprünglich vollkommen horizontal abgelagerten Sedimentschichten mehr oder weniger steil erhoben und zwar, wie es nach der obigen Theorie der Fall sein muß, erfuhren die älteren Schichten meist eine steilere Faltung als die jüngeren. Die krystallinischen Gesteine der Alpen sind allermeist bis zur nahezu senkrechten Stellung aufgerichtet; die mächtigen Schichtensysteme der rheinischen Uebergangsformation stehen selten unter 45°, die Steinkohlen liegen in starken Falten, nur die jüngsten Schichten seit der Kreidezeit finden sich in einer mehr der ursprünglichen, horizontalen Lagerung aller Sedimentschichten näher kommenden Lage. Aber erst die neuern Untersuchungen von Heim haben es zur Gewißheit erhoben, daß auch die ältesten Erstarrungsgesteine der Alpen, welche den Gebirgskern bilden, und die man früher als die hebende Masse ansah, ebenso passiv an der Faltung Theil genommen haben, wie die darüberlagernden Wasserabsatzschichten. Unter dem ungeheuren Drucke der darüberlagernden Massen hat sich diese langsame Faltung theilweise ohne Bruch vollzogen, und zuweilen sieht man Versteinerungen, die längst vor der Faltung erhärtet

waren; langgestreckt und gebogen, als ob sie aus bildsamer Masse bestanden hätten. An andern Stellen, namentlich in den obern Schichten, denen ein theilweises Ausweichen möglich war, haben sich Zerreißungen, Verwerfungen und Ueberschiebungen der Schichten vollzogen, die das bunteste Bild bieten, den Aerger des Bergmannes ausmachen und den Scharfsinn des Forschers herausfordern. Wahrscheinlich hat dieser unter dem ungeheuren Drucke des Gewölbeschubes stattfindende Vorgang im inneren Gestein mitunter Wärmewirkungen erzeugt, welche Gesteinsmetamorphosen erzeugten, wenn derselbe dagegen zu großartigen Verwerfungen und Brüchen führt, so mag dies mitunter die Erscheinung hervorbringen, die wir als Erdbeben bezeichnen, und in diesem Sinne hat E. Duncker die Erdbeben als Phasen in den regelmäßigen Entwicklungsgang der Erde einzureihen gesucht, obwohl dabei nicht vergessen werden darf, daß es auch Erdbeben aus ganz andern Ursachen, z. B. in Folge von Einstürzen ausgedehnter unterirdischer Hohlräume, die durch allmälige Auswaschungen entstehen, giebt. In Ländern mit sehr klüftigem Oberflächengestein würden solche ruckweisen Beschleunigungen des immerfort unwiderstehlich fortwirkenden Gewölbeschubes am häufigsten eintreten, während in anderen gleichmäßiger fundamentirten Gegenden die langsamen Hebungen und Senkungen der Meeresufer und Inseln die einzigen äußerlich sichtbar werdenden Merkzeichen des Vorganges blieben. Finden wir in der Umgebung stark gefalteter Schichten, die unter sich völlig oder annähernd gleichmäßige (konkordante) Neigungen und Richtungen zeigen, abweichend (diskordant) streichende, vielleicht wieder horizontal gelagerte Absätze, die also die Faltung nicht mitgemacht haben, so können wir in den meisten Fälten sicher sein, daß dies später gebildete, d. h. jüngere Schichten sein müssen, welche die von Falten gebildeten Vertiefungen ausfüllten.

Indem Heim die Alpen in Gedanken wieder ausglättete, hat er gefunden, daß ihre Erhebungen einem Zusammenschub der Erdrinde um ein drittel Procent entsprechen. Zählen wir die Faltung der übrigen von dem Centralalpenmeridian durchschnittenen Gebirge nach ihrem ungefähren Betrage dazu, so ergiebt sich eine Verkürzung des Erdumfanges um nicht ganz ein Procent! So erscheint uns ein ewiges Schwanken des Reliefs, der senkrechten Gliederung der Oberfläche, in dem allgemeinen Entwicklungsproceß der Erde gegeben, und kann nicht eher aufhören, als bis das Innere vollständig erkaltet ist, und die Zusammenziehung ihr Ende erreicht hat. Während des Zeitraums, in welchem der Erdhalbmesser sich um etwa fünfzigtausend Meter verkleinerte, hat der durchschnittliche Niveau-Unterschied von Meergrund und Festland mehr als zehn Mal in immer verschiedener Gruppirung Raum gefunden und die Bewohner derselben zu Wanderungen und zur Aufsuchung neuer Heimstätten gezwungen, deren neue Lebensbedingungen ihr Wesen und ihre Gestalt beträchtlich beeinflussen und ändern mußten. Welttheile, die heute von breiten Meeres-

straßen getrennt werden, hingen in früheren Epochen zeitweise zusammen, wie z. B. Asien und Nordamerika, so daß Mammuthe, Pferde, Nashörner, Wiederkäuer u. s. w. im Norden hinüber und herüber wandern konnten, dagegen waren Nord- und Südamerika lange Zeit getrennt und der Isthmus von Panama bildet erst seit der jüngern Tertiärzeit eine nicht mehr abgebrochene Brücke zwischen beiden. Ebenso hingen heute getrennte Inselländer unter sich und mit den Continenten zusammen und ganze Continente sind unter dem Meeresspiegel verschwunden. Die Thier- und Pflanzen-Geographie muß, wenn sie die oft räthselhafte Vertheilung der Wesen begreifen will, diese Veränderungen der vorweltlichen Reliefs mit aufmerksamem Blicke zurückverfolgen; wir werden dazu in diesem Buche, welches hauptsächlich die Schilderung der Lebensentwicklung zur Aufgabe hat, nicht den Raum haben. Nur auf den wunderbaren Erfolg müssen wir kurz hinweisen. Es kann kein Zweifel darüber sein, daß die Nöthigung der wandernden Geschöpfe sich neuen Bedingungen anzupassen, die Leistungsfähigkeit derselben beständig steigern mußte, so daß also die einfache Zusammenziehung des Erddurchmessers, indem sie fortwährend die Gruppirung von Land und Meer änderte, die Entwicklung der Lebewesen zu höheren Formen ähnlich fördern konnte, wie die Bewohner eines reich gegliederten Landes, wie z. B. Griechenlands oder Italiens, durch dasselbe am frühesten zu hohen Culturstufen befördert worden sind.

Wir begreifen nach alledem leicht, warum überall der Kern der Kettengebirge, das sogenannte Centralmassiv, aus Granit, oder den ältesten Absatzbildungen (Gneiß oder Glimmerschiefer) besteht, und durch Abwitterung oben als Gipfel hervortreten muß, warum man beim Aufsteigen zu den Gebirgsspitzen, von den jüngsten Neubildungen beginnend, deren Material die Verwitterung und Bloslegung der Gipfel lieferte, dieselben älteren Sedimentformationen in derselben Reihenfolge durchwandern muß, die man bei einer Bohrung unten im Thale in großen Tiefen untereinander finden würde. Indem vorzugsweise der Kamm der großen Erdfalte abwitterte, traten dort die zusammensetzenden Schichten nach einander zu Tage, und der Verwitterungsproceß mag dadurch eingeleitet worden sein, daß hier an der stärksten Biegungsstelle fast regelmäßig ein Aufbrechen der Schichten eingetreten war, ein Umstand, der auch die zuweilen vorkommenden Kraterbildungen auf Kettengebirgen (Anden) erläutert. Die an den Gebirgshäuptern sich vorzugsweise verdichtende Luftfeuchtigkeit förderte dann jenen Verwitterungsproceß, der das Spitzenrelief viel stärker ausfeilte, als es im Entstehen hervortrat, und so den Urcharakter der Falte zerstörte.

Wasser und Luft im ruhenden und bewegten Zustande sind es, die beständig dahin wirken, die runzlich gewordene Erdoberfläche wieder einzuebnen, und die durch Faltung, Korallenbau und vulkanische Kräfte geschaffenen Berge und Gebirge wieder abzutragen. Diese Abtragung der Oberfläche und Entblößung (Denudation) der tieferen Schichten erfolgt in

mannigfacher Weise einmal durch die bloße chemische Einwirkung der Luft, welche die Gesteine oxydirt, erweicht und gleichsam zerfrißt (die eigentliche Verwitterung) und durch die auflösenden Kräfte des Wassers, welche gewisse Bestandtheile der Felsen herauslösen, namentlich schnell, wenn es Kohlensäure enthält, und dadurch die alkalischen Erden löslich macht (Erosion). Wärme und Kälte unterstützen diese Wirkungen. Der starke Temperaturwechsel zwischen Tag und Nacht, bringt die Gesteine, namentlich in heißen Wüstenstrichen zum Zerspringen, das Wasser dringt in feine Risse der Gesteine und zersprengt dieselben durch seine Ausdehnung, wenn Frost eintritt. Auch die Pflanzendecke und im geringeren Maße selbst das Thierleben trägt zur Zerstörung der oft in Jahrtausenden erhärteten Felsen bei, wenn dieselben durch Faltung an die Oberfläche gebracht und durch Denudation frei gelegt werden. Wind und Wasser schaffen den so gebildeten Schutt ins Thal und arbeiten dahin, Meere und Tiefebenen wieder auszufüllen.

Daß auch der Wind aus dem feinzertheilten Verwitterungsstaub und Schutt ganze Formationen neu erzeugt, ist erst in jüngster Zeit recht klar geworden, wenn man natürlich auch die Dünen der Wüsten und Meeresufer, die Tuffe, welche aus verwehter vulkanischer Asche entstehen, stets als solche Windbildungen (äolische oder subaërische Formationen) betrachtet hat, und neuerdings hat Richthofen wahrscheinlich gemacht, daß die Lößschichten, welche vielfach z. B. in China, weite Thäler und Ebenen bedecken, im Wesentlichen äolische Bildungen sind. Die bewegte Luft und das bewegte Wasser verbünden sich aber mit den von ihnen fortgeführten festen Stoffen (Sandkörnern und Gesteinstrümmern) zu verstärkter mechanischer Wirkung, die eine wirkliche Abschleifung und Ausfurchung (Korrasion) der Felsen und Gesteine bewirken, indem der Wind gleich dem Sandblasstrom der Glasschleifereien die Oberfläche der Felsen wegnimmt, und der Wasserlauf seine Betten und Ufer ausschleift. Die Gebirgsgipfel, welche die Luftfeuchtigkeit verdichten und in Schnee und Eismassen aufsammeln, schaffen sich selbst die Werkzeuge, welche sie abrasiren; sie schleifen das Schwert, dem ihr Haupt fallen wird, nachdem es vorher zu spitzen Hörnern und Graten zertheilt wurde.

Mit des Unthieres Gewalt stürzt das im Winter dort oben gefesselte Wasser in den warmen Monaten zu Thal, den Schutt und die losgelösten Trümmer hinabführend, und sich tiefe Schwemmbahnen, Runsen genannt, auswühlend. Mit einem weiten amphitheatralischen Bogen (Circus) in der Nähe der Gipfel beginnend, verengern sich die Auswaschungsthäler der Gebirge nach dem Fuße zu immer mehr und schließlich tritt das Gebirgswasser wohl durch eine enge Spalte, eine tiefe Kluft in's Thal hinab. Drachen (Dracs) nennt man in der Schweiz, in Frankreich und andern Ländern solche in gewundenen Schluchten herabstürzenden Gebirgswässer. Mit Hülfe der fortbewegten Trümmer zerfeilt es langsam den härtesten

Fels und höhlt sich Bahnen aus, die oft wie mit dem Meißel im harten Gestein eingeschnitten sind, die bekannten Klammen der Gebirge. So würde das Wasser zuletzt die ganze Erdoberfläche in eine holländische Landschaft verwandeln, wenn die Zusammenziehung des Kernes letzterer nicht immer neue Falten, und ihm neues Arbeitsmaterial verschaffte. Andererseits trägt es selbst mit seinen eben geschilderten auswühlenden und ausfeilenden Wirkungen dazu bei, das Relief der Erde zu vermannigfachen, den Falten des Erdantlitzes die feinen Runzeln hinzuzufügen, welche ihm den verwitterten Anblick des ehrwürdigen Alters verleihen. Hierbei geschieht es dann wohl, daß sich der regelmäßige Verlauf der Dinge auch einmal scheinbar umkehrt, daß sich Luft und Wasser statt niederzureißen, gelegentlich als Baumeister bewähren und ihrerseits Berg- und Gebirgsländer von majestätischem Anblick aufbauen, indem sie nämlich einzelne Theile eines früher eine Hochebene bildenden Landes als Berge oder Steilwände stehen lassen. Ein klassisches Gebiet und lehrreiches Beispiel für die Herausmeißelung eines Berglandes aus Absatzschichten, die vorher eine Hochebene bildeten, bietet die sogenannte Plateau-Provinz der Vereinigten Staaten Nordamerikas. Sie umfaßt Theile von Utah, Colorado und Arizona und bildet das Entwässerungsgebiet des Coloradostromes und seiner Nebenflüsse, welche im Norden vom Wasatch- und Uintahgebirge, im Osten von den Felsengebirgen begrenzt wird. Es ist ein hier und da bewaldetes Hochplateau, welches aufgebaut wurde von noch jetzt viele Meilen weit beinahe horizontal gebliebenen Schichten fast aller Hauptformationen, denn entweder unmittelbar dem Gneißgebirge aufgelagert, oder mit Unterlagerung von Silur- und Devonschichten, folgen wie ein großes geologisches Profil in ununterbrochener Reihenfolge Schichten der Kohlenformation, des Perm, der Trias, Jura, Kreide, des Eocän, Miocän, und Pliocän auf einander. Das Gebiet ist erst Sumpfland, dann Meer und wieder Sumpf- und Seeboden gewesen, ehe es in Folge allmäliger Hebung, wenn nicht zur Wüste, so doch zum regenarmen, unfruchtbaren Lande (Badland) wurde, woselbst es nur im Mai und December einige stärkere Regengüsse giebt, während sonst ein beständiger blauer Himmel über dieser Wildniß lacht.

Aus diesen übereinander gelagerten horizontalen Schichtgesteinen haben nun Bruchbildung, Verwitterung und Jahrtausende fortdauernde Ausnagung (Erosion und Korrasion) durch fließendes Wasser eine Menge flacher großer Terrassen und Plattformen heraus geschnitten, deren Abfälle in gewundenen Linien allenthalben viele Meilen weit dahinstreichen, Gebirgstreppen, bei denen eine einzige Stufe zuweilen tausend Meter senkrecht zu einer neuen Ebene herabfällt. Meist aber unterscheidet man, wo sich ein weiter Ausblick aufthut, unzählige horizontale Linien und Gesimse, die sich in lebhaften Farben über die Wände oder in kleineren Absätzen abfallende Terrassen abzeichnen, zahllose enge, verzweigte Schluchten

mit unersteigbaren Wänden, die nach einem spanischen Worte Cañons genannt werden, führen, einen großen Theil des Jahres wasserlos, ihre Winterwässer der Hauptflußader dieses Gebietes, dem Coloradoflusse (siehe die Tafel) zu, welcher das Herz der Plateau-Provinz durchströmt. An Stellen, wo man ein größeres Stück dieser erst in der Tertiärzeit begonnenen Ausfurchungsarbeit der Jahrtausende, die durch das Wüstenklima und das Fehlen der Vegetation an den Abhängen in aller Schärfe stehen bleibt überschauen kann, ist der Anblick oft ein überwältigender, wie die begeisterten Schilderungen von Major Powell und Kapitän Dutton, den ersten Erforschern dieser Wunder, erkennen lassen.

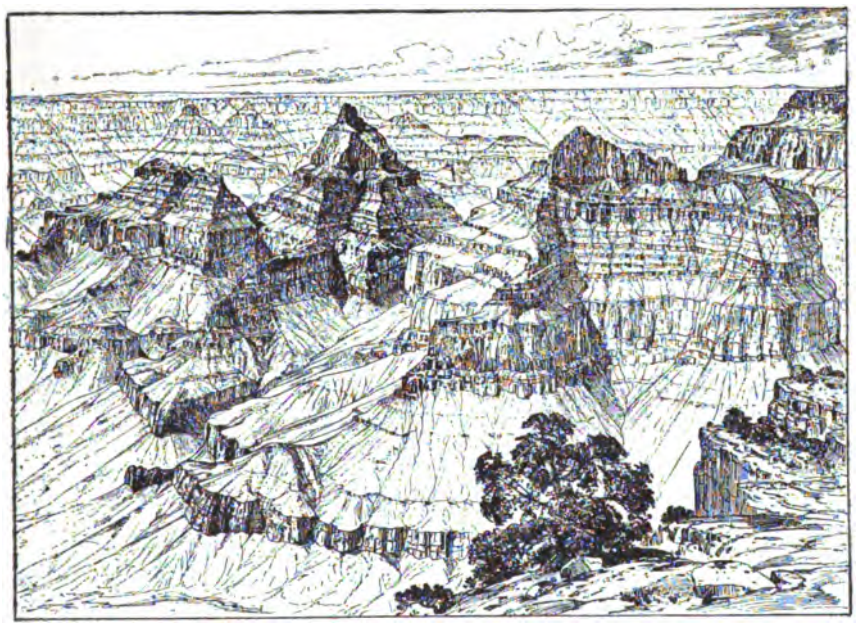


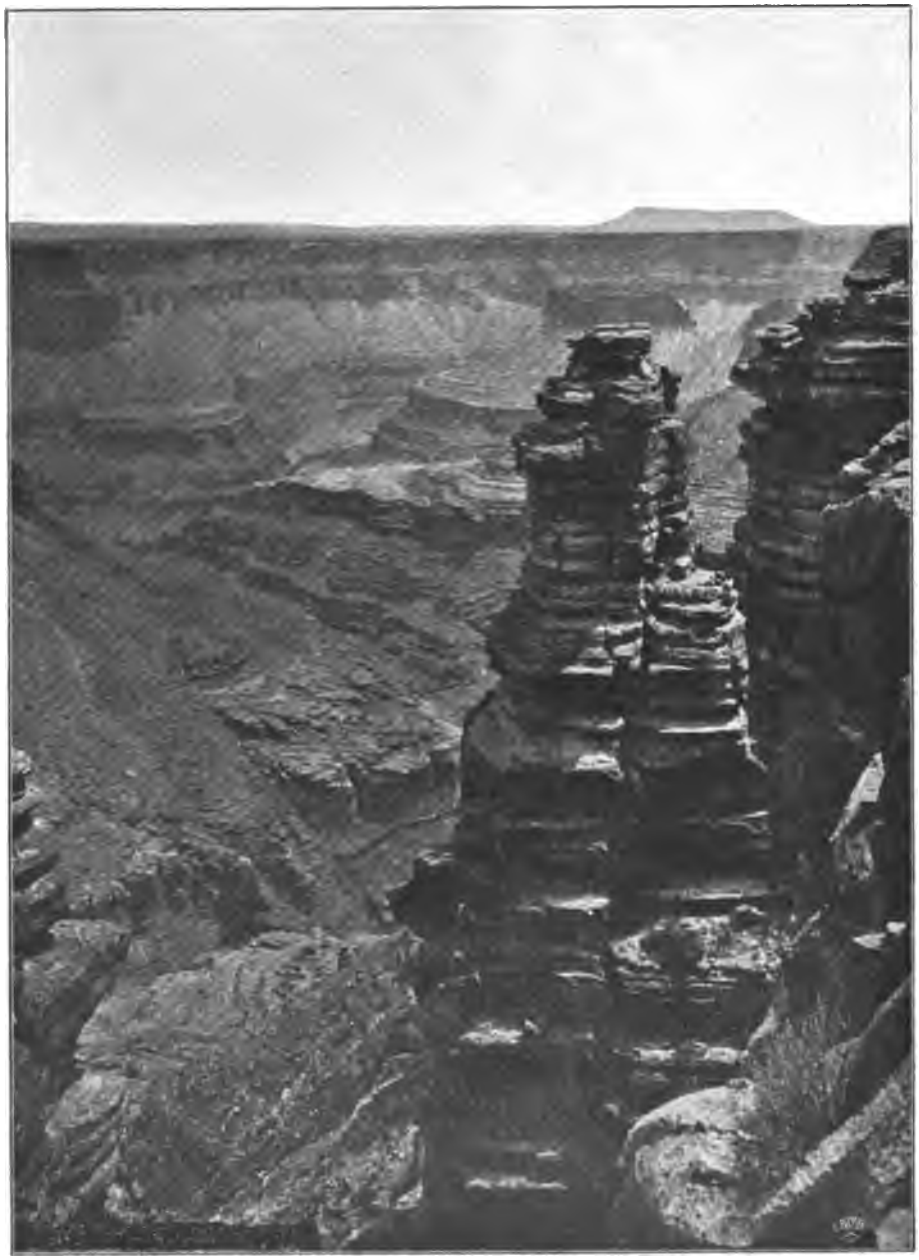
Fig. 43.
Der Wischnu-Tempel im Coloradogebiet.

Von welcher Richtung man sich, z. B. vom Kaibab-Plateau dem großen Cañon nähern mag, fast immer thut sich plötzlich ein Tiefenpanorama, ein Abgrund voller Schönheiten auf, dessen Rand man ahnungslos erreicht hat. Der Wald reicht bis zum Steilrand der ungeheuren Schlucht, so daß die Zapfen der Fichten in die bodenlose Tiefe fallen. Von einem besonders begünstigten Vorsprung, dem Point Sublime, erblickt man die gegenüberliegende Schluchtwand in einer nächsten Annäherung von 7 engl. Meilen, aber mit amphitheatralischen Ausbuchtungen, Altanen und Giebeln geschmückt, über welche die Gesimsstreifen ununterbrochen in

unendlicher Abwechslung nach Form und Färbung hinlaufen, viele Meilen lang, tausend Einzelheiten in einen Blick zusammendrängend. Wo die Felslage härter ist, bildet sie eine steile, senkrechte Stufe, an deren Fuße sich schräg eine Schuttlage anlehnt; oft springen dünnere harte Streifen wie Schutzdächer hervor, bis sie abbrechen; es bilden sich regelmäßige Nischen, vor der Wand freistehende Felssäulen und Obelisken mit Absätzen und Knaufen, eine Menge architektonischer Einzelheiten, die uns Städte aus maurischen Tempeln, indischen Pagoden oder gothischen Kathedralen vortäuschen. Eine solche äußerst pagodenähnliche Bildung ist der sogenannte Wischnu-Tempel (Abbildung 43), der sich in dem Cañon südlich vom Kaibab-Plateau ca. 5500 Fuß hoch erhebt.

Wir könnten ja zum Vergleich europäische Gebirgsschluchten, z. B. den Blick vom Hexentanzplatz ins Bodethal heranziehen, wenn diesem nicht außer der Größe alle diese scharfen, durch die Farbenverschiedenheit noch mehr hervorgehobenen Horizontallinien der Gesimse, Hohlkehlen, Gurte und Dächer fehlten, die hier diese architektonische Gliederung hervorzaubern, der im ersten Anblick ein durchaus märchenhafter Charakter anhaftet. Der erste Abstieg von der eocänen Decke des allgemeinen Tafellandes führt zu 4—5000 Fuß ins Gesammt betragenden Schichten von Sandstein und Schiefer, die der Kreideformation angehören, und meist von hellgelber und lichtbräunlicher Färbung sind. Die Kaiparowits-Stufe, die sich stellenweis zu weiten Plateaus ausdehnt, besteht ganz aus diesen Kreidezeitbildungen. Die zweite Stufe abwärts führt über Jurazeit- und Triasschichten, zunächst 300—500 Fuß tief über rothe Schiefer mit Fossilien führenden Kalkbändern, dann folgt eine dicke Schicht weißen Sandsteins, der in zahlreichen architektonischen Vorsprüngen, Altanen und Giebeln hervortritt. Unter diesen „weißen Klippen" folgen die „Vermillion-Cliffs" des Triasgebietes, von 1200—2000 Fuß Höhe, die besonders reich durch grelle Farbenlineamente ausgezeichnet sind. Das Paria-Plateau hat diese Triasbildungen zur Decke und unter ihr folgen die gleichfalls lebhaft gefärbten sandigen Schiefer und Kalksteinschichten des Perm, in welchem chokoladenbraune, purpurne und rothbraune Schichten zwischen violetten, lavendelblauen und weißen Streifen auf der Schluchtwand erglänzen. Das Auge fühlt sich eine Zeitlang ohnmächtig, alle diese Einzelheiten der Färbungen und Formen zu erfassen. Zu unterst liegen die carbonischen Schichten, und die Gesammthöhe der sie überlagernden Schichten erreicht stellenweise 10000 Fuß.

Diese gewaltige Schichtenfolge wurde nun durch den Coloradofluß, der in seinem das Wasatchgebirge durchquerenden Oberlauf der grüne Fluß (Greenriver) heißt, seit der Tertiärzeit bis zu einer Tiefe von im Durchschnitt 900 Metern und in einer Länge von 48 km durchsägt, so daß das Bett in den tieferen Lagen des Laufes die Schichten des Steinkohlengebirges erreicht hat. Wenn man an einem der oberen Ufer des großen Cañon steht, so sieht man stellenweise den Colorado nur wie ein stummes



Shini-Mo-Altar am Rande des Grand Cañon (Colorado-Fluss). Nach Photographie.

Felsschlucht (Grand Cañon) des Colorado-Flusses. Nach Photographie.

schmales Silberband hinaufschimmern, scheinbar kaum groß genug, um eine Wassermühle zu treiben. Das Brausen der Stromschnellen und Cascaden dringt nicht herauf, erst wenn man zu dem 90 bis 100 Meter breiten Bette herabgestiegen ist, sieht man, daß es sich um einen wilden Gebirgsstrom handelt, der selbst in den Zeiten verhältnißmäßiger Ruhe und Wasserarmuth beträchtliche Trümmermassen hinabführt. Mit seinen Nebenflüssen, die ein vielverzweigtes Netz meist im Sommer gänzlich trocken liegender Nebencañons bilden, hat er diesen ungeheuren Betrag an Absatzschichten hinabbefördert und das gesammte Tafelland in eine Unzahl von Terrassenkuppen zerschnitten. Vgl. die Tafel „Schini-Mo-Altar am Grand-Cañon“ (Colorado-Fluß.)

Aehnliche Ausnagungs-Bergländer finden sich in der ganzen Welt, und oft sind Erosion und Korrasion viel weiter vorgeschritten, so daß nicht, wie in der Plateau-Provinz das Tafelland noch das Uebergewicht behauptet, sondern nur einzelne Kuppen desselben stehen geblieben sind, welche die Franzosen in Algier Zeugen (témoins) nennen, weil diese von der Verwitterung stehengelassenen Pfeiler, Pyramiden oder Rücken die Grenzen und manchmal auch die ehemalige Höhe des weggeschwemmten Tafellandes bezeichnen. Wenn nämlich an der Oberfläche eines Plateaus härtere Schichten, z. B. vulkanische Ergüsse inselartig ausgebreitet liegen, so schützen diese die unter ihr liegenden weicheren Theile vor der Zerstörung, ähnlich wie im Kleinen die sogenannten Erdpyramiden, Pfeiler aus lehmigem Sande, die oft zu Hunderten nebeneinander stehen, durch einen auf ihrem Gipfel liegenden Stein vor der Wegwaschung durch Regen beschützt werden. Solche „Zeugen“ sind auch die Kuppen und Tafelberge in der Karrooformation Südafrikas, die Festungsberge (z. B. Königsstein und Lilienstein) der sächsischen Schweiz und viele andere.

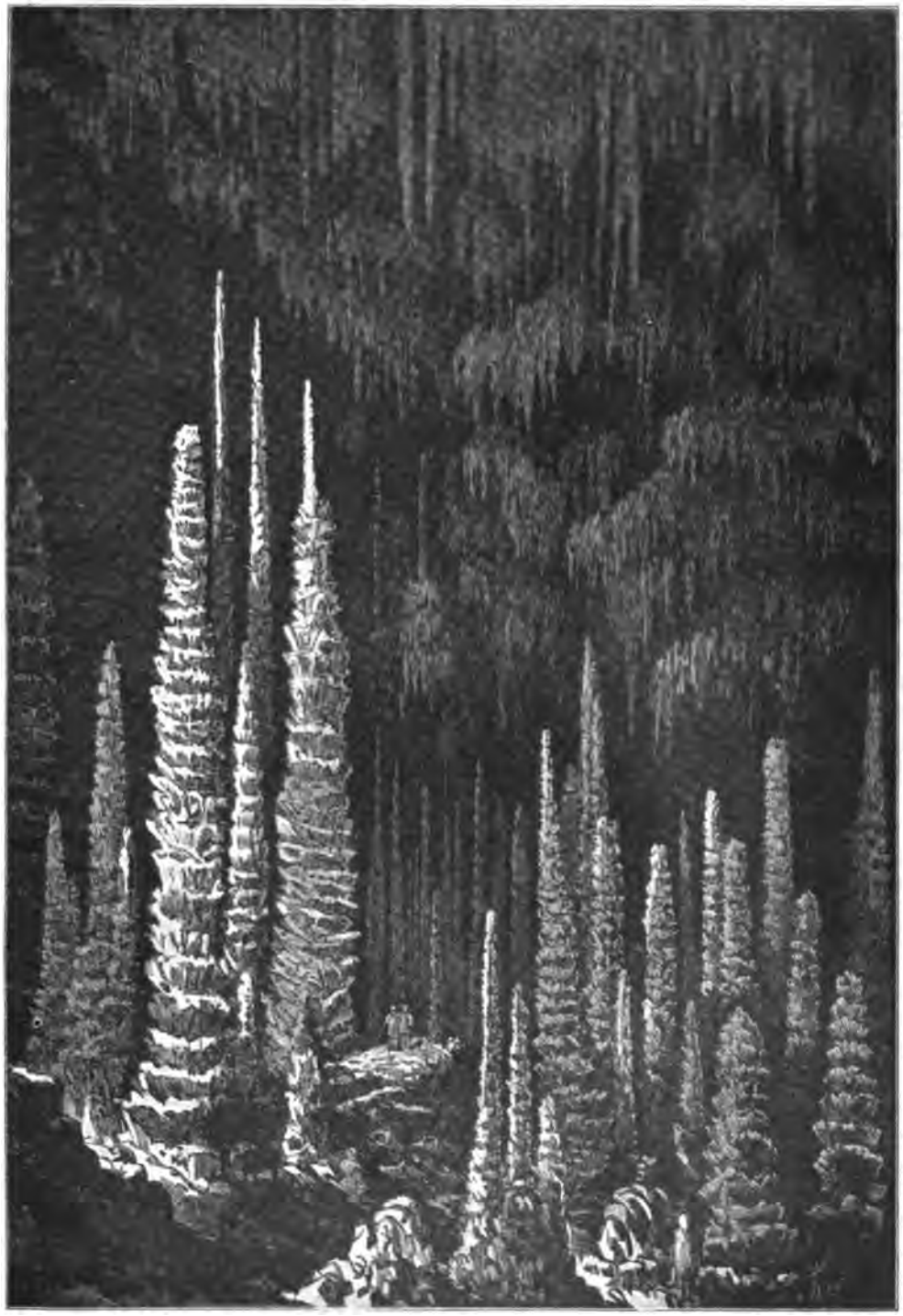
Fig 44.
Blick auf den Adersbacher Felsenwald.
(Nach Photographie.)

Der Quadersandstein, eine Bildung der Kreide- oder Quaderformation, aus welchem die letztgenannten Höhen bestehen, zeigt in Folge einer quader-

förmigen Absonderung, deren Blöcke nur durch leicht verwitterbare Bindemassen verkittet sind, eine große Neigung, durch fließendes Wasser in ein wahres Labyrinth von Pfeilern und Wänden zerschnitten zu werden, so daß überaus malerische Gruppirungen entstehen, wie diejenigen des Adersbacher Felsenwaldes (Fig. 44) und anderer Parthien der sogenannten „böhmischen und sächsischen Schweiz." Da die Quadern trotz der Herauslösung ihres Bindemittels gewöhnlich aufeinander liegen bleiben, und dadurch an die Blöcke der sogen. cyklopischen Mauern erinnern, die entweder ohne Mörtel aufeinander gethürmt wurden, oder deren Mörtel die Witterung herausgelöst hat, so entstehen oft auch hier die Bilder von Riesenbauten, aber plumper Art, wie man sie eben Giganten zuschreibt. Manchmal bleibt auf größerer Fläche von der gesammten Sandsteinmasse nur ein einzelner Pfeiler stehen, wie der sogenannte Zuckerhut am Eingange des Adersbacher Felsenwaldes (Fig. 45).

Fig. 45.
Der Zuckerhut am Adersbacher Felsenwald.

Von ganz anderem Charakter sind die Verwitterungsformen des Kalk- und Dolomitgebirges, von denen sich die letzteren durch Schroffheit der zackigen Gipfel und reiche Gruppirung derselben auszeichnen, während der Jurakalk unregelmäßige, löcherige, oft wild-phantastische Klippen bildet. Die Kalkgebirge bieten außerdem die Eigenthümlichkeit, daß sich bei ihnen die Erosion bis in beträchtliche Tiefen fortsetzt, indem das Wasser auf den kohlensauren Kalk, aus dem der Felsboden besteht, nicht blos mechanisch, sondern vermöge seines nie fehlenden Kohlensäuregehalts auch chemisch lösend einwirkt und alte Faltungsrisse benützend, Höhlen und Galerien ausnagt, in denen manchmal ganze Flüsse plötzlich verschwinden, um an einer anderen, tieferen Stelle wieder als starker Strom hervorzubrechen. Solchen Höhlen, an denen die devonischen Kalke Mährens, das Gebiet des fränkischen Jura, die Karstgegenden Oesterreichs, die Kalkplateaus Südfrankreichs besonders reich sind, entsprechen an der Oberfläche oft Erd- und Felstrichter, die von einem Einbrechen der Deckenwölbung herrühren und



Der „Urwald“ der Armandhöhle. (Dep. Lozére)
(Nach einer bei Magnesiumlicht bewirkten Aufnahme; aus La Nature 1897)

in Oesterreich Dolinen, in Frankreich Bétoires und Entonnoirs genannt werden. Reihen solcher Dolinen bezeichnen oft die Linie eines langen unterirdischen Bachlaufes, der sich dann immer tiefer gräbt und unterirdische Seen und Wasserfälle bildet, welche unter einer stärkeren Decke wahre Tartarus-Landschaften mit unterirdischer Thierwelt bilden. Diese Kalkhöhlen empfangen in der Regel noch einen besonderen Schmuck durch die Sinterbildungen, welche die von der Decke herabtropfenden meteorischen Wasser erzeugen. Mit Kohlensäure beim Eindringen in den Boden bereichert, lösen sie den kohlensauren Kalk auf, um ihn alsbald bei Berührung mit der Grottenluft wieder auszuscheiden. Wo die Tropfen an den Wölbungen hervortreten, bilden sich zunächst kleine Traufwärzchen von Kalksinter, die sich zu Zapfen verlängern, in und über welche die nachfolgenden Sinterwässer hinabrinnen, wobei diese, ähnlich wie Eiszapfen, durch fortgesetzte Ueberrindung immer länger und dicker wachsen. So entstehen also frei von den Wölbungen herabhängende Riesenzapfen, oder eine zu Vorhängen und Draperien verbundene Spitzenarbeit mit tropfenden Troddeln, von großer Schönheit, oder wenn das Sinterwasser über geneigte Flächen dahinhinläuft, versteinerte Kaskaden.

Den von den Wölbungen und Wänden herabhängenden Tropfsteinen wachsen vom Boden her andere aus dem auffallenden Sinterwasser entstehende Säulen entgegen, die anfangs wie Kerzen auf einem dickeren Fußgestell stehen, dann aber dicker und höher wachsen und sich endlich mit den von oben herunterwachsenden vereinen. Die Tröpfler (Stalaktiten) und die Getropften (Stalagmiten) haben sich dann zu oft mächtigen, vom Höhlengrunde bis zur Decke reichenden Säulen verbunden, die mit den Nachbarsäulen orgel- und altarartige Decorationen bilden, und dem Innern solcher Höhlen ein feierliches kapellenartiges Gepräge verleihen, worin auch aus verschmolzenen Stalagmiten gebildete Heiligenbilder, vermummte Mönche und Büßergruppen nicht zu fehlen pflegen. Die Mannigfaltigkeit dieser Tropfsteinbildungen nach Farbe und Form des Gesteins ist groß, so daß fast jede neuentdeckte Tropfsteingrotte neue Ueberraschungen bietet. Neben den alabasterweißen Tropfsteinen, die bei Fackel- und Magnesiumlicht besonders malerische Wirkungen geben, kommen in andern Höhlen solche von gelber, bräunlicher und rother Färbung vor und ebenso ist die Festigkeit und Klangfähigkeit dieser Tropfkalkbildungen sehr verschieden. Noch mehr aber gilt dies von der Form der Säulen, die sich manchmal, ähnlich den Kieselsinterbecken der heißen Quellen und Geysire, mit beckenartigen Wülsten und ausgezackten Ringen in regelmäßigen Abständen umgeben, so daß die Säulen in ihrem kerzengraden Wuchs wie vorweltliche Bärlappgewächse erscheinen. Eine der schönsten auf beifolgender Tafel dargestellten Stalaktitenhöhlen, die Armandhöhe bei La Parade auf der Causse Méjean (Dep. Lozère) wurde September 1897 von dem französischen Höhlenforscher Martel entdeckt. Der Stalagmiten-Urwald derselben,

den unsere Tafel wiedergiebt, enthält die höchsten bis dahin bekannten Tropfsteinsäulen, von denen einzelne als 30 Meter hohe „Bäume“ aufsteigen.

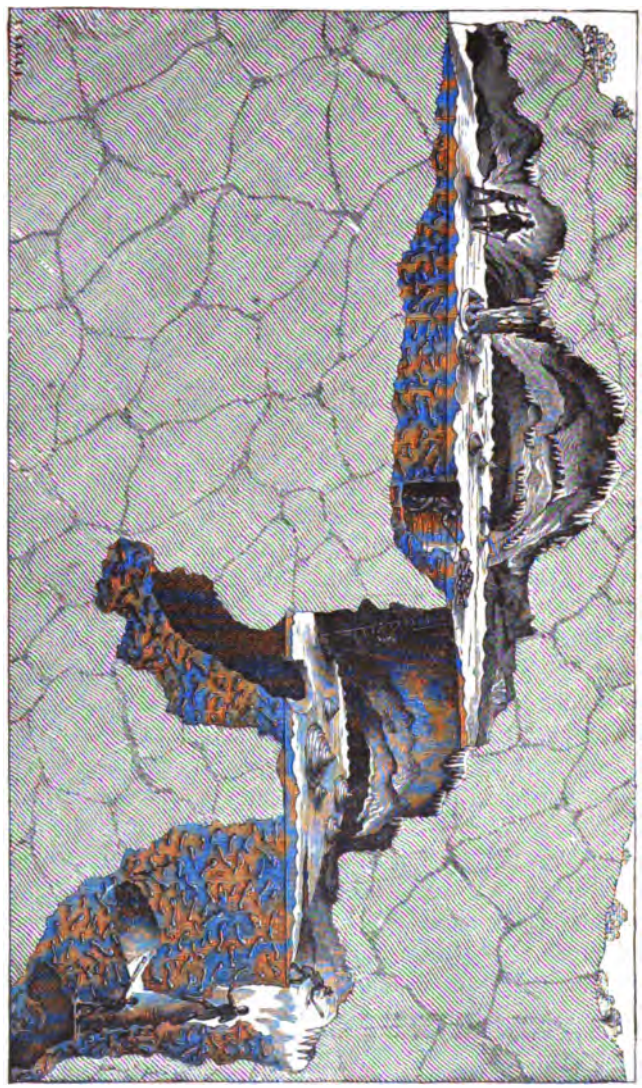


Fig. 46.

Durchschnitt der Gailenreuther Höhle.

Den von oben herabwachsenden Stalaktiten kommen von unten emporwachsende Stalagmiten entgegen und vereinigen sich zu Säulen, wobei der beständig von der Wölbung herabtropfende aufgelöste Kalk dazu beiträgt, die Thierknochen, menschlichen Werkzeuge u. s. w. in eine harte Kalkbreccie einzuhüllen.

Die Kalksinter- und andere Höhlen bieten für erdgeschichtliche Forschungen das besondere Interesse, daß der Sinterüberzug des Bodens und der von oben hineingeschwemmte Höhlenlehm oft reichliche Ansammlungen von thierischen und menschlichen Knochen, sowie von Kunstproducten (Artefakten)

des Menschen verbergen, welche den Beweis liefern, daß die betreffenden Höhlen zeitweise von Menschen bewohnt waren, und vielfach auch wilden Thieren als Schlupfwinkel gedient haben. In der durch ihren Knochenreichthum berühmt gewordenen Gailenreuther Höhle (Fig. 46) der fränkischen Schweiz, aus der viele Wagenladungen von Knochen des Höhlenbären, Höhlenlöwen, der Höhlenhyäne, des Mammuth und von zahlreichen anderen ausgestorbenen Thieren herausgeschafft worden sind, beträgt die Dicke der lange noch nicht völlig ausgebeuteten Schicht des Höhlenlehms stellenweise über 8 Meter. Es läßt sich annehmen, daß viele dieser Thierreste von Fluthen hineingeschwemmt wurden, andere durch die senkrechten Schlöte dieser Höhlen hinabgestürzt sind, aber auffallend und bezeichnend für das Alter dieser Höhlen bleibt, daß sich nur Reste jüngerer, meist pleistocäner Thiergeschlechter häufiger in diesen Höhlen finden. Nur in den Höhlen der Mendiphügel bei Hutton, unweit Weston super mare (Grafschaft Somerset) hat man ausnahmsweise auch Reste von Sekundärzeit-Thieren (kleinen Beutelthieren, Microlestes u. a.) gefunden, während man doch annehmen darf, daß einmal unter der Sinterdecke des Bodens eingebettete Thierreste dadurch vor späterer Zerstörung sicher geborgen sein werden. Da nun doch wahrscheinlich seit den ältesten Zeiten, in denen Kalkfelsen über dem Meere emporgestiegen waren, auch Sinterhöhlen entstanden sein werden, so giebt es keine andere vernünftige Erklärung für den Mangel älterer Thiere in den Höhlen, als die Annahme, daß die früher entstandenen Höhlen, welche gleich den heutigen nicht allzutief unter der Erdoberfläche gelegen haben werden, der großen Mehrzahl nach durch Denudation vollkommen weggewittert sein müssen, so daß die Ueberzahl der heute vorhandenen Thierrest-(Zoolithen-)Höhlen durchweg jüngere Bildungen sind, die nicht weiter als eben bis zur Pleistocänzeit zurückdatirt werden können.

Ebenso wie die Höhlengänge der Kalkfelsen hat das Wasser Erzfelsen ausgewaschen und sogenannte Seifen zurückgelassen, und andererseits Erzgänge geschaffen, indem es metallische Stoffe, die es anderwärts gelöst hatte, in ihnen abgelagert hat. Wir können diese Wirkungen hier nicht in's Einzelne verfolgen, und wollen sogleich zu der andersgearteten mechanischen Kraft übergehen, die das Wasser in seinem gefrorenen Zustande als Eis erlangte. Wahrscheinlich hat es schon in früheren Epochen Gebirge gegeben, die hoch genug waren, daß sich auf ihnen Schnee und Eis sammeln konnte, und einzelne Geologen wollen Spuren ihrer Wirkungen schon in älteren Schichten gefunden haben; eine größere geologische Bedeutung und Ausdehnung aber dürfte die Eis- und Gletscherbedeckung aus mancherlei leicht begreiflichen Gründen erst in derjenigen Erd-Epoche erlangt haben, in der wir leben. Auf den Diluvial- und Alluvialschichten, den größtentheils noch nicht erhärteten jüngsten Wasserbildungen, hatte man nun schon längst Erscheinungen bemerkt, die man sich nicht mehr durch

bloße Einwirkung der Luft und des fließenden Wassers erklären konnte. Ueber einen großen Theil des nördlichen Europas bis ungefähr zum 51. Breitengrade, von Rußland, durch Polen und Deutschland bis nach Holland findet man die Thäler und Bergabhänge mit Steinblöcken überstreut, die oft eine solche Größe erreichen, daß man sie in vorgeschichtlicher Zeit sowohl, wie in unsern Tagen, zu Dolmen, Menhirs, Gedenksteinen und Monumenten verarbeitete. Es mag genügen, an den „Schwedenstein" auf dem Schlachtfelde von Lützen, an den gewaltigen Block, auf welchem die Statue Peter des Großen in St. Petersburg sich erhebt, und an die Rauensteine bei Fürstenwalde, unweit Berlin, zu erinnern, aus deren Hälfte die große Granitschale vor dem Berliner Museum gearbeitet ist. Man rieth anfangs auf verschwundene Granitberge der Gegend, von denen diese Blöcke stammen könnten, aber man fand schließlich, daß der dem Lützener Steine aus einem andern Grunde gegebene Name der richtige sei, und daß man verirrte Wanderer aus dem fernen Skandinavien vor sich habe. Daher der Name Erratische oder Irr-Blöcke. Wie das verlorne oder verirrte Kind im Volksmärchen an dem Kleinod erkannt wird, welches ihm seine Mutter umgebunden, so erkannte man den fernen Mutterfels gewisser „Findlinge", wie man diese Blöcke ebenfalls genannt hat, an ihren Einschlüssen von Topas und andern Edelsteinen, deren Fundort genau bekannt war. Anfangs war man geneigt, eine kolossale Ueberschwemmungswelle zu Hilfe zu rufen, welche diese Blöcke so weithin gewälzt haben sollte. Diese Erklärung scheiterte aber an der zuweilen hunderte von Centnern betragenden Schwere mancher Findlinge und an den scharfen Kanten derselben, die jeden Gedanken an Rollung ausschließen, wenn die Phantasie wirklich dergleichen gigantische Wirkungen für möglich halten wollte.

Fig. 47.
Der Aletschgletscher von Bel-Alp gesehen.
(Nach Photographie.)

In der Schweiz, der höheren Bildungsschule der Geologen, fanden endlich scharfblickende Naturbeobachter den Schlüssel des lange für unlös-

lich gehaltenen geologischen Räthsels. Auch dort sah man nämlich mächtige Blöcke in weiter Entfernung von dem Muttergestein liegen, von dem man sie herleiten mußte, aber andererseits sah man auch, wie Blöcke, die auf die geneigte Ebene eines Gletschers fallen, von diesem meilenweit zum Thale transportirt werden. Die aus dem zusammengesunkenen Schnee der Gipfel gebildeten Gletscher fließen wie zähflüssige Lavaströme langsam in den gewundenen Thälern meilenweit abwärts und befördern auf ihrem Rücken Blöcke, die Frost und Wetter von überragenden Gipfeln losgelöst haben, sicher in's Thal. So trägt der ungefähr zehn Meilen lange Aletschgletscher (F. 47), der längste Gletscher der europäischen Gebirge, die durch Frost und andre Ursachen losgelösten und auf ihn herabdonnernden Felsblöcke des Jungfraugebiets ins Rhonethal hinab. Es geht das nicht immer ebenso langsam abwärts, wie der Eisstrom selber, sondern an stärker geneigten Stellen, wo die Gletscherfläche in tiefe Klüfte und hohe Eisthürme zerbricht (Fig. 48) oft in Sprüngen, weil nämlich jeder größere Block, wenn die Sonne das Eis um ihn herum abschmilzt, wie ein Pilz oder Steintisch auf einem Eisstiele aus dem Gletscher herauswächst, und endlich, wenn diese Stütze zusammenschmilzt, in Sprüngen eine Strecke weiter hinabrollt, wo er wieder zum Gletschertisch wird. (Fig. 49.)

Fig. 48.
Klüfte im Aletschgletscher. (Nach Photographie.)

Es handelte sich aber um die Deutung des Transportes von Blöcken, die aus Gebirgen stammen, zu denen jetzt keine schiefen Ebenen aus Eis hinführen, von Blöcken, die weitab von jedem Gletscher liegen, der sie dorthin geführt haben könnte. Schon im Jahre 1802 hatte der schottische Geolog Playfair auf den Transport großer Steinblöcke durch Gletscher hingewiesen, aber erst als er fünfzehn Jahre später die Schweiz besucht, und der schweizerische Ingenieur Venetz im Jahre 1821 gezeigt hatte, daß die Gletscher der Schweiz ehemals eine viel größere Ausdehnung besessen, und daß man ihre Spuren nicht blos in den von ihnen transportirten Blöcken, sondern auch in besonderen Schliffen und Schrammungen der Gesteine erkennen könne, fand diese Erkenntniß den Beifall weiterer

Kreiſe. Das Eis in ſeiner zwar langſamen, aber unaufhaltſamen Bewegung ſchiebt an ſeinem Fuße und an ſeinen Seiten gewaltige Schuttwälle (Moränen) zuſammen, und die in ſeine Sohle eingefrorenen Steine wirken unter der Laſt der oft hunderte von Fuß hohen Eismaſſe auf dem Boden ſowohl wie an den Seitenwänden des Felſenbettes wie Meißel oder Hobel. Dadurch entſtehen ſpiegelglatt geſchliffene Platten oder parallele Schrammen, die ſogenannten Gletſcherſchliffe und Eisſchrammen,

Fig. 49.
Gletſchertiſch (Mer de Glace, Chamouny).

die mit den andern Erſcheinungen, z. B. dem Abhobeln unebnen Felsbodens zu ſogenannten Rundhöcker-Landſchaften (Fig. 27) — von dem Franzoſen Schaffelſen (Roches moutonnées) genannt, weil die rundlichen Blöcke wie eine ruhende Schafheerde ausſehen — unverkennbar das ehemalige Vorhandenſein von Gletſchern in jetzt davon freien Gegenden beweiſen. Dem Polirſchlamm jener Schleifarbeit verdanken die Gletſcherſtröme ihre je nach dem Geſtein milchweiſe, gelbliche, röthliche oder ſchwärzliche Farbe, und eben ſeiner Feinheit wegen führen ſie ihn weithin in die Ebene; es iſt der ſogenannte Löß, welcher an den Ufern des Rhein, Inn und andrer Alpenſtröme theilweiſe eine ſolche Mächtigkeit erreicht, daß man ihn als beſondre Schicht, an deren Bildung auch Luft und Winde Antheil nahmen, aufführt. Der Salinendirector Johann von Charpentier führte den Beweis einer ehemaligen, viel ausgedehnteren Vergletſcherung der Schweiz ſeit 1834 durch genauere Unterſuchung der Findlinge und Moränen weiter aus, und ſeitdem begann man von einer Gletſcherzeit zu ſingen und zu ſagen. Indem man nach dem Geſtein der Felſen, von denen die ſchweizer Findlinge ſtammen, ihren Ausgangspunkt be-

Erratischer Riesenblock bei Monthey (Wallis).

stimmte, fand man in der That, daß ehemals fast das ganze Alpengebirge in eine gewaltige Eismasse eingehüllt gewesen sein muß, aus der nur kahle Felsenhäupter herausragten. So z. B. ist der „Pierre des Marmettes“ genannte Felsen (s. die Tafel „Erratischer Riesenblock bei Monthey“), ein mit einem Pavillon besetzter Granitblock bei Monthey im Unterwallis, trotz seines Inhaltes von über zweitausend Kubikmeter elf Stunden weit aus dem Thale von Ferret durch Gletscher hertransportirt worden.

Noch ansehnlicher ist der Riesenstein bei Devent, und der Pflugstein oberhalb Herliberg bei Zürich, dessen Gewicht Heer auf neunzigtausend Centner schätzt und der weit über den Züricher See von den Glarner Alpen gekommen ist. Von dem dreizehn Meter hohen Block, Pierre-à-bot unweit Neuenburg hat man festgestellt, daß er aus der Gegend von Martigny zweiundzwanzig Wegstunden hergetragen und zuletzt noch über den Neuenburger See geschifft worden ist. O. Heer hat die Zeiten zu berechnen gesucht, welche jene Blöcke im Vergleiche zu jetzt beobachteten Gletscherblöcken zu ihrer Wanderung gebraucht haben könnten, und hat gefunden, daß der oben erwähnte Pflugstein etwa 600 Jahre, Pierre-à-bot gegen tausend Jahre gebraucht haben mögen, um an ihren jetzigen Ruheort zu gelangen.

Die schweizerischen und österreichischen Gletscher stauen zuweilen Alpenseen auf, die sie durch ihr Schmelzwasser speisen und auf denen dann mächtige Eismassen, zuweilen mit Felsblöcken beladen, umherschwimmen, und den Anblick einer Polarlandschaft erzeugen, wie z. B. der Märjelensee am Aletschgletscher (Fig. 50). Dieser Anblick, der noch häufiger an den skandinavischen Küsten und in den Polarmeeren begegnet, wo der Fuß der Gletscher bis in die Fjorde und ins Meer eintritt, wobei dann in Folge der beständigen Vorschiebung des Gletscherfußes ins Meer mit Steinblöcken bedeckte Eisberge abbrechen und südwärts treiben, bis sie abschmelzen und die Steinblöcke auf den Meeresgrund fallen lassen, führte

Fig. 50.
Märjelensee am Aletschgletscher.
(Nach Photographie.)

die Geologen zu einer scheinbar einfacheren Erklärung der Vertheilung skandinavischer Irrblöcke über das nordeuropäische Tiefland, als man bis dahin gehabt hatte, indem man annahm, daß auch ganz Nordeuropa, ebenso wie die Schweiz, völlig vergletschert gewesen sein müßte. Da es aus anderweiten Spuren (Meermuscheln u. s. w.) hervorgeht, daß Nordeuropa im Beginne der Quartärzeit weiter als jetzt mit Wasser bedeckt war, so konnte man annehmen, daß mit mächtigen Blöcken versehene Eisberge, wie sie mitunter heute noch an den finnischen Gestaden landen, damals durch Winde und Strömungen bis zu den südlichen Ufern und Inseln dieses nordischen Meeres geführt wurden, wenn sie nicht bereits früher abgeschmolzen waren und ihre Last unterwegs fallen gelassen hatten. Diese von dem englischen Geologen Lyell zu einer besondern Theorie erhobene und nach dem englischen Worte für im Meere treibende Massen Drift-Theorie genannte Deutungsweise schien die meisten erratischen Erscheinungen des nördlichen Europas genügend zu erklären, und wurde daher an Stelle der älteren Gletschertheorie, welche eine allgemeine Vergletscherung des nördlichen Europa im Beginne der Quartärzeit voraussetzte, ziemlich allgemein angenommen. Wie wir noch heute mit Schutt und großen Steinblöcken beladene gewaltige Eisberge in der Hudsonsbai und Davidstraße bis ungefähr zu denselben Breitengraden Nordamerikas treiben sehen, so fand man es sehr verständlich, daß solche schwedischen Blöcke damals so häufig an den Abhängen der norddeutschen Gebirge gelandet worden sein könnten, sofern diese nämlich die Ufer jenes vorausgesetzten Nordmeeres oder Inseln desselben gebildet hätten, wie z. B. der nördliche und westliche Abhang des teutoburger Waldes, die Nordabhänge des Harzes, Erz- und Riesengebirges.

Allein die Untersuchungen jüngerer Geologen, namentlich des Schweden Torell und der deutschen Geologen Credner, Behrendt, Penck u. A. haben in neuerer Zeit zeigen können, daß sich in vielen Gegenden Norddeutschlands, z. B. bei Berlin, Leipzig und am Harze, die unverkennbarsten Spuren einer wirklichen Gletscherbedeckung des Bodens, in Abhobelungen, Schrammungen und Strudellöchern des anstehenden Gesteines zeigen und daß somit die Gletscherbedeckung eine Thatsache ist, der sich an bestimmten Oertlichkeiten und zu Ende der Periode Drifterscheinungen gesellt haben mögen. In dieser Beziehung sind im Besondern die Gletschertöpfe lehrreich, die man in Skandinavien Riesentöpfe oder Thorskessel, in Nordamerika Indianerkessel nennt, weil man annimmt, es seien von Menschenhand in den Felsboden gemachte Oeffnungen, in denen die Indianer mittelst glühend gemachter Steine ihr Fleisch und sonstiges Essen gekocht hätten, so lange sie noch keine thönernen oder metallenen Geräthe hatten. Es sind senkrecht in den Felsen geschliffene Löcher, die meist nur einige Fuß tief hinabgehen, und gewöhnlich nur 1—2 Fuß im Durchmesser haben, oft aber auch größer sind, und glatt oder in

Spirallinien geschrammte Wandungen haben. Auf ebenen oder wenig geneigten Felsplateaus, z. B. in der Decke des Muschelkalkfelsens zu Rüdersdorf bei Berlin, oder auf den Felselkuppen am George-See im Staate New-York und an vielen andern Orten findet man in kurzen Entfernungen von einander zahlreiche Töpfe dieser Art, an letzterem Orte 22 solcher Höhlungen auf einem Raume von $^1/_4$ Acre. Die Entstehung solcher Felskessel war früher ein schweres Räthsel, aber einige sehr große Felsenkessel mit wuchtigen, mehrere Pfunde schweren Rollsteinen darin, führten zuerst zu der richtigen Erklärung, daß es sich um durch Wasserkraft ausgeschliffene Strudellöcher handle, in denen harter Kies und Steintrümmer solange im Kreise herumgeführt worden seien, bis sie tiefe Kessel ausgeschliffen hatten. Unter Wasserfällen, die in manchen Jahren wenig Wasser führen, z. B. am Schaffhauser Rheinfall, hatte man solche Strudellöcher im Felsboden zuerst richtig erkannt; sie sind dann oft sehr groß und zu Cohoes (Staat New-York) wurde ein solcher Felsenkessel von 30 Fuß Durchmesser und 50 Fuß Tiefe ausgeräumt, der einen mit einer Moosdecke zugewachsenen Sumpf vorgestellt hatte, in welchem sich ein wohlerhaltenes Mastodon-Skelet, welche heute im New-Yorker Museum aufgestellt ist, fand. Ein gutes Beispiel solcher großen Strudellöcher bildet auch der sogenannte Gletschergarten von Luzern (Fig. 51), woselbst man sie mit den noch darin liegenden Rollsteinen in allen Stadien der Entwicklung erblickt.

Fig 51.
Der Gletschergarten von Luzern. (Nach Photographie)

Von den kleinen mehr schachtartigen Felstöpfen nimmt man heute mit guten Gründen an, daß sie von einer ehemaligen Eisbedeckung des Bodens herrühren und die Strudellöcher sogenannter Gletschermühlen darstellen. Unter diesem Namen versteht man die kleinen Wasserfälle des im Sonnenschein ziemlich reichlich fließenden Oberflächen-Schmelzwassers der Gletscher, welches sich in kleineren Rinnsalen zunächst auf der Eis-Oberfläche

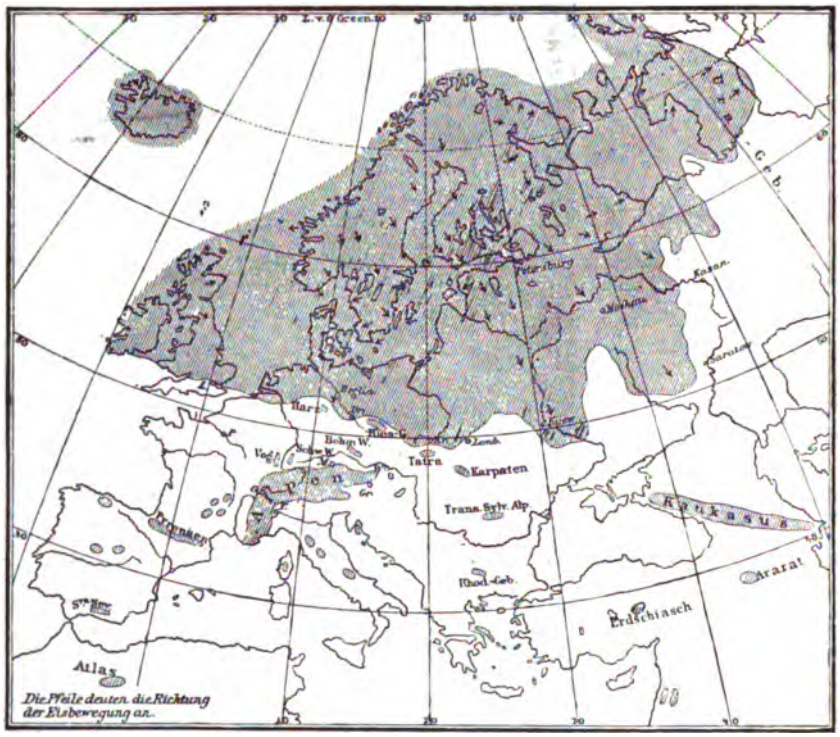


Fig. 82.
Eiszeitkärtchen Nordeuropas nach Penck, Neumayr u. A.

sammelt und dann einer Gletscherspalte zufließt, in die es hinabstürzt. Da, wo der Strahl einer solchen Gletschermühle den Felsboden erreicht, kann er mit Hülfe von Felsbrocken tiefe Löcher in dem Felsboden ausschleifen. Nun hat zwar Baltzer gegen eine solche Deutung der Felstöpfe geltend gemacht, daß die Gletschermühlen in der Regel nicht lange genug an derselben Stelle verweilen, um solche mehrere Fuß tiefen Felslöcher auszuschleifen, sondern mit dem Gletschereise und seinen Spalten beständig abwärtsgleiten, während die Gletschersohle den Felsgrund gleichsam aushobelt. Dieser Einspruch dürfte an stark geneigten Gebirgsabhängen auch seine volle Gültigkeit haben, nicht aber bei der allgemeinen Vergletscherung der

nordischen Gebiete in der Eiszeit, woselbst Gletschermühlen auf wenig abschüssigen Flächen lange Zeit an derselben Stelle ihre Strudel unterhalten konnten, und solche nordischen Gebiete sind thatsächlich die eigentliche Heimath der Gletschertöpfe. Ihr Vorhandensein in der Nähe Berlins und ihre Vergesellschaftung mit zahlreichen Eisschrammen und Eisschliffen am Muschelkalk von Rüdersdorf konnte daher wesentlich dazu beitragen, die seit 1875 von dem schwedischen Geologen Torell im Gegensatze zu der bis dahin festgehaltenen Drifttheorie aufgestellte Binneneistheorie zur Herrschaft zu bringen.

Zahlreiche weitere Arbeiten haben seither den Beweis geliefert, daß thatsächlich ein großer Theil Nordeuropas bis zum Harz und Riesengebirge von einer Eisdecke bedeckt war, auf der die von den skandinavischen Gebirgen stammenden erratischen oder Findlingsblöcke bis nach Mitteleuropa transportirt worden sind. Man hat gefunden, daß die Oberfläche des auf beistehendem Eiszeitkärtchen (Fig. 52) dunkelschraffirten Landgebietes durchaus erst von dieser Eisbedeckung die Hauptzüge seiner gegenwärtigen Modellirung empfangen hat. Die Endmoränen der Gletscherzungen ließen sich ebenso nachweisen, wie gewisse Seen- und Hügelbildungen, die man sich am besten als Erbschaften und Nachlaßwirkungen der Eiszeit zu erklären vermag, z. B. die tiefen Rundpfuhle (Sölle) Norddeutschlands, die Geinitz und Behrendt für Seitenstücke der Riesentöpfe im weichen Boden halten, und die langgestreckten Geröllhügel (Åsar), in denen man Gletscherwälle erkannt hat. Gleichzeitig mit dieser Eisbedeckung des nordischen Tieflandes waren auch die Alpen, Pyrenäen, der Kaukasus, Ararat und andere Gebirge der alten Welt mit Schnee und Eis bedeckt, und ebenso war es im Norden der neuen Welt der Fall; man hat also das Recht, von einer sogenannten Eis- oder Gletscherzeit, welche im Beginne unserer gegenwärtigen Erdperiode geherrscht hat, zu sprechen. Auch hätte ihr Auftreten an sich nichts Wunderbares, denn im Verlaufe der allmäligen Abkühlung mußte eine solche Erscheinung eines Tages eintreten, und das Räthselhafte der Sache liegt vielmehr in dem Umstande, daß die Mitteltemperatur der nordischen Länder sich seitdem wieder um mehrere Grade erhöht hat, daß die Eisbedeckung und die Gletscher in Folge dessen wieder zurückgegangen sind, daß es mit einem Worte wieder wärmer geworden ist. Nach der Ansicht sorgfältiger Beobachter hätte es sogar bereits zwei Eiszeiten in unserer jetzigen Erdperiode gegeben, die durch eine wärmere Zwischenzeit (Interglacial-Zeit), in der sich die Gletscher beträchtlich zurückgezogen hatten, von einander getrennt waren. Es habe also eine mehrmalige Erniedrigung und Wiedererhöhung des säkularen Klimas in unseren Breiten gegeben.

Erst dieses Wiederwarmwerden hat also den Schein einer Unregelmäßigkeit auf die Thatsache der ehemaligen starken Temperatur-Erniedrigung unserer nordischen Heimath geworfen, was dann naturgemäß zur Auf-

ſtellung mehr oder weniger phantaſtiſcher Erklärungsverſuche geführt hat. Die ausſchweifendſten derſelben gehen von der durch keinerlei nachweisbare Thatſachen gerechtfertigten Anſicht aus, daß die ſogenannte Eiszeit keine telluriſche, ſondern eine kosmiſche Erſcheinung geweſen ſei, daß das Sonnen- und vielleicht unſer geſammtes Sternſyſtem ſich damals Jahrhunderte lang durch kältere Räume des Weltalls bewegt habe als vorher und nachher. Dieſer Poiſſon'ſchen Hypotheſe nähert ſich die Buys

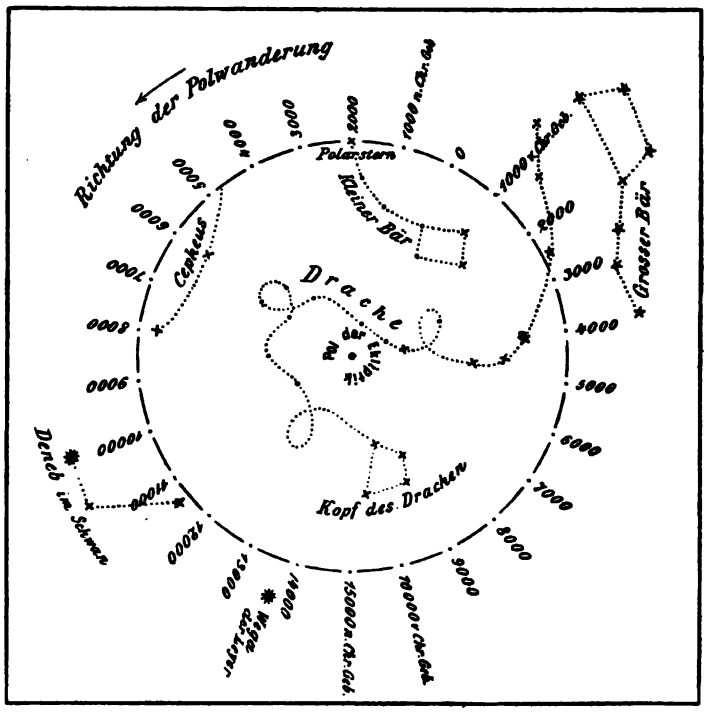


Fig. 58.
Die Kreis-Wanderung des Pols am nördlichen Sternenhimmel innerhalb 25 870 Jahren (vom Jahre 10 000 v. Chr. bis 15 000 n. Chr.).

Ballot'ſche, welche annimmt, daß die Sonne vielleicht zeitweiſe weniger Wärme ausgeſtrahlt habe, womit die Unregelmäßigkeit einfach von dem einen Weltkörper auf den andern übertragen wird. Eine zweite Reihe von Hypotheſen hält daran feſt, daß die Eiszeit wenigſtens eine telluriſche, den geſammten Erdball betreffende Erſcheinung geweſen ſei, und man hat darauf aufmerkſam gemacht, daß auch dem Aequator ganz bedeutend nähere Gebirge, wie z. B. der Libanon, deſſen Cedern auf alten Gletſchermoränen ſtehen, damals ihre Eisſtröme weit hinab ſendeten. Nach dem Vorgange Adhémars glaubte man in der regelmäßigen Bewegung der Erdaxe um

kleine Kreise, d. h. in der Erscheinung, welche das sogenannte Vorrücken der Nachtgleichen hervorbringt, die Ursache gefunden zu haben, welche in großen Zeiträumen jene Temperaturschwankungen hervorbringen sollte, von denen wir sprechen. In Folge dieser schon dem Hipparch bekannten Kreisbewegung, welche durch die Anziehung von Sonne, Mond und Planeten auf die abgeplattete Erde hervorgebracht wird, und die sich in der Wanderung des Himmelspols ausdrückt, der vor 4000 Jahren in der Nähe eines Schwanzsterns des Drachen lag und nach 12 000 Jahren in die Nähe von Wega in der Leyer angekommen sein wird (vgl. Fig. 53) fällt die größte Sonnennähe, welche gegenwärtig in unserem Winter stattfindet, in andre Jahreszeiten und wird nach 13 000 Jahren im Sommer eintreten. Da sich nun die Erde in der Sonnennähe schneller vorwärts bewegt, als in der Sonnenferne, so wird dann der Winter für den Norden etwa eine Woche länger, der Sommer ebensoviel kürzer werden, als sie jetzt sind und dieser Unterschied soll nach der Ansicht vieler Astronomen und Geologen hinreichen, um durch die allmälige Anhäufung größerer Eismassen um den Pol eine nordische Eiszeit herbeizuführen, die nach 13 000 Jahren von einer südlichen Eiszeit abgelöst wird. Indessen sind diese Theorien schwer oder überhaupt nicht beweisbar, wenn auch die Anhänger derselben, mit einem Gesammtcyclus von 21 000 Jahren rechnend, zum Beweise der Richtigkeit darauf hingewiesen haben, daß das Jahr 1248 unserer Zeitrechnung nach ihrem Ansatze dasjenige gewesen sei, in welchem der Nordpol am meisten, der Südpol am wenigsten Sonnenlicht und Wärme empfing und daß dem entsprechend damals Grönland eine grüne Insel genannt wurde und Weinbau in Gegenden bestand, wo er heute völlig unmöglich ist. Nach derselben Rechnungsweise hätte die letzte große nordische Eiszeit etwas nach dem Jahre 9250 vor unsrer Zeitrechnung stattgefunden, und damals wären Ägypten und Palästina fruchtbare und heerdenreiche Länder mit mehr gemäßigtem Klima gewesen, wie die biblische Urgeschichte sie schildert. In weiterer Verfolgung dieser Theorie soll die einseitige Anhäufung der Eismassen abwechselnd am Nord- und Südpole eine Verschiebung des Schwerpunktes der Erde, eine größere Ansammlung der Wasser gegen den zur Zeit stärker belasteten Pol und ein Untertauchen der Continente bedingen, wie wir es jetzt am Südpol sehen. Da diese Ursache periodisch in Wirkung tritt, so müßten also die Eiszeiten der Pole schon oft im Leben der Erde abgewechselt haben, und wirklich haben einige Geologen geglaubt, die Spuren älterer Eiszeiten in sehr alten Erdschichten gefunden zu haben. Andere Geologen aber halten diese Deutungen für sehr problematisch, auch ist nicht abzusehen, wie in Zeiten, wo die gemäßigten Zonen nach allen Anzeichen noch ein fast tropisches Klima hatten, so starke Eiswirkungen hätten zu Stande kommen können. Der Rückgang der Gletscherbedeckung in der vorhin erwähnten Interglacialzeit, deren Spuren man besonders in der Schweiz und in Mitteldeutschland beobachtet

haben will, dürfte nur eine kürzere Dauer und Ursachen gehabt haben, die in unseren Tagen ein Decennien dauerndes Wachsen und Abnehmen der Gletscher bedingen.

Eine andre periodische Erkaltungs-Ursache, die in längeren Zwischenräumen wirksam wird, glaubt der englische Naturforscher Croll in einem regelmäßigen Wechsel der Erdbahn zu sehen, die sich zeitweise mehr der Ellipse und dann wieder dem Kreise nähere, und vor zweihunderttausend Jahren einen Gipfelpunkt erreichte, bei der die Erde im Nordpol-Sommer ungleich weiter von der Sonne entfernt war, als heute. Diese Hypothese hat für uns das Tröstliche, daß die Excentricität der Erdbahn gegenwärtig noch für zwanzigtausend Jahre im Abnehmen begriffen ist, und erst nach hundertundfünfzigtausend Jahren wieder einen jener Höhepunkte erreichen wird, von dem man eine Eiszeit der nördlichen Hemisphäre erwartet. Man hat geglaubt, die astronomischen Eiszeit-Erklärungen auch am Planeten Mars nachweisen zu können, der ähnliche polare Eisanhäufungen wie die Erde darbietet, und auf welchem jetzt der Adhémar'schen Theorie entsprechend, derjenige Pol, welcher nach seiner Achsenlage am meisten Sonnenlicht erhält, auch im Winter weniger Eis zeigt als der andere. Noch weitere Abänderungen dieser Theorien, auf die wir nicht genauer eingehen können, haben in neuerer Zeit H. Schmick und A. Blytt aufgestellt.

Allein von andern Forschern wird der planetarische Charakter einer sogenannten Eiszeit überhaupt bestritten, und behauptet, daß es sich bei ihr nur um lokale Erscheinungen gehandelt habe, die durch eine etwas verschiedene Anordnung der Vertheilung von Festland und Wasser vollkommen erklärlich seien. In dieser Richtung hat Kämtz auf die ehemals größere Höhe der schneesammelnden Gebirge, Seebach auf den ehemaligen Mangel der Erwärmung Europas durch den Golfstrom hingewiesen, der sich früher durch eine damals vorhandene Meerenge von Panama in den stillen Ocean ergossen haben soll. In der That würde eine der letztgenannten Ursachen vielleicht bereits hinreichen, um das ungeheure Wachsthum der Gletscher jener Zeit genügend zu erklären, denn man hat berechnet, daß nur etwa eine Erniedrigung der mittleren Jahrestemperatur um vier Grad dazu gehören würde, um unter übrigens ganz gleichen Verhältnissen die Schweiz so in Eis einzuhüllen, wie sie es ehemals gewesen ist. Aus den Beobachtungen der sehr ausgedehnten Gletscher von Neuseeland, die zwischen 40—45° südlicher Breite inmitten einer beinahe tropisch zu nennenden Vegetation erscheinen, hat man die Ueberzeugung gewonnen, daß ein sehr feuchtes Inselklima viel mehr als starke Kälte das Wachsthum der Gletscher begünstigt, und ein solches Klima mit kühlen Sommern und milden Wintern besaßen damals viel zahlreichere Theile Europas als heute. Andrerseits ist ein trocknes Continentalklima mit heißen Sommern und kalten Wintern, wie es Nordasien besitzt, heute wie ehemals der Bildung von Gletschern ungünstig gewesen, und in der That hat sich dorthin die

allgemeine polare Eiskappe der Eiszeit anscheinend nicht viel weiter als heutzutage erstreckt. Die Erhebung des Bodens der Meerenge von Panama zur Landenge, die aber nach neueren Untersuchungen schon in der Tertiärzeit erfolgt sein soll, würde, wenn sie nach früherer Annahme erst in der Quarternärzeit erfolgt wäre, allerdings hingereicht haben, die Wiedererwärmung des nördlichen Europas durch den Golfstrom zu erklären, so daß man für die Eiszeit dann kaum nach fernerliegenden Hypothesen zu suchen brauchte, so verlockend dieselben auch theilweise erscheinen mögen.

Wenn aber auch über die Ursachen der Eiszeit noch die größten Meinungsverschiedenheiten bestehen, so ist doch ihr Auftreten selbst über jeden Zweifel erhaben, und wenn die geologischen Funde nicht schon deutlich genug sprächen, würden die Spuren der damaligen Lebewelt das Bild eines unwirthlichen Klimas unsrer Heimath vollendet haben. Von der Pflanzenwelt erhält man aus den gefundenen Ueberresten den Eindruck, als sei sie strahlenförmig von dem Nordpol in drei ihn umringende Erdtheile ausgewandert, denn rings um den Pol bietet sie noch heute einen gleichartigen Charakter, während die Flora der neuen Welt doch sonst von derjenigen der alten ziemlich verschieden ist. Man muß aber einen solchen arktischen Entstehungsmittelpunkt der Pflanzenwelt unserer nördlichen Halbkugel wahrscheinlich auch für die Pflanzen der früheren Zeiten annehmen, denn noch in der späteren Tertiärzeit fanden sich in Europa Tulpenbäume, Ahorne, Nußbäume, Riesencedern, Storaxbäume und andere Holzgewächse, die denen, welche jetzt in Nordamerika wachsen, sehr nahe standen. In noch früheren Zeiten war die Gleichförmigkeit noch größer. Als aber die Eiskappe am Pole sich immer mehr erweiterte, wurden die wärmeliebenden und zarteren Holzgewächse immer weiter nach Süden gedrängt, und eine kältefrohe, arktische Flora, die sich beim Zurückziehen des Eises theilweis auf unsern Gebirgen erhalten hat, ersetzte dieselben. Auf skandinavischen Irrblöcken hat man die Moose ihrer Heimath bis auf unsere Tage gerettet gefunden. Aber bei jenem Vordringen des Eises und der Kälte sind viele tertiäre Baum- und Pflanzengattungen, die wir mit Nordamerika und Ostasien gemein hatten, bei uns für immer vernichtet worden während sie dort entweder das Eis nicht so bedrängt hat, oder ihnen ein Rückzug in den Süden offen stand, welchen bei uns die Gebirge verwehrten.

Mitten in dieser arktischen Flora Deutschlands und Frankreichs weideten damals an den in ihrer Ausdehnung veränderlichen, eisfreien Stellen Renthierheerden, Steinböcke und Moschusochsen, wo vordem Affen und andere Tropenbewohner in Palmendickichten gehaust hatten; nordische Bären und Vielfraße waren verbreitete Thiere und ausgestorbene Nashörner und Elephanten mit dickem wolligem Pelze, vervollständigten die Staffage des unwirthlichen Bildes. Und siehe da, unter ihnen sehen wir zuerst auch den in Felle gehüllten Menschen erscheinen, einen Wilden, der kläglich wie die

Eskimos heute, sein Dasein fristete. Damit sind wir am Zielpunkte unseres skizzenhaften Umrisses der Erdgeschichte angelangt. Langsam haben sich die Gletscher zurückgezogen, lange Jahrhunderte lag die nordische Tiefebene als öde, von Wildpferden, Springhasen und andern Nagern belebte Steppe da, bis der Wald von Süden wieder erobernd vordrang und sie mit einem zwar einförmigeren Kleide als früher, aber mit desto frischerem Grün neu bekleidete.

Wiederholt hat man, wie schon erwähnt, die Zeiträume zu bestimmen gesucht, welche sowohl seit dem Beginn der letzten Epoche, in der wir leben, verflossen sein mögen, als bis zu derselben, um dadurch eine Altersschätzung der Erde überhaupt anzubahnen. Auch die Quartärformation hat sich dazu nicht geeigneter erwiesen, als die früheren Absatzbildungen, denn je nachdem man von der einen oder der andern astronomischen Hypothese ausgeht oder diese ganz verwirft, gelangt man zu höchst verschiedenen Zeitschätzungen. Ebenso wenig hat sich die früher beliebte Rechnungsmethode, nach welcher sich der Meeresboden im Jahrhundert um zwei Zoll erhöhen sollte, wonach für die gesammten Absatzbildungen eine Unsumme von Jahrmillionen herausgerechnet wird, den Beifall ernsterer Forscher erwerben können. Denn jede Anwendung von Schlüssen aus heute gemachten Zeitbeobachtungen über das Wachsthum von Schlammschichten auf die Entstehungszeit älterer, die unter ganz verschiedenen Umständen, bald schneller, bald langsamer geschehen konnten, erscheint als bloßer Hohn auf mathematische Begründungen. Nur soviel können wir als ausgemacht betrachten, daß das Alter der Erde ein ungeheures sein muß, und daß die Zeitspanne, während welcher der Mensch sie bewohnt, für den sie als Wohnplatz gebildet sein soll, äußerst geringfügig ist gegen diejenige, in welcher Niemand ihre „Zweckmäßigkeit" bewunderte.

Um eine leichter im Gedächtniß haftende Uebersicht der Schichtenbildungen zu erlangen, mußte man sie, da Kalk-, Thonschiefer-, Sandsteinbildungen u. s. w. sich beständig wiederholen, nach den von ihnen eingeschlossenen Lebensspuren gruppiren, bei denen die Zeitfolge, das Nacheinander in der Stufe ihrer Entwicklung zum Ausdruck gelangt. Wir müssen hier, um eine chronologische Uebersicht des Schichtenbaues der Erde geben zu können, unserer Darstellung vorgreifen, und summarisch von diesen Lebensspuren reden, von denen weiterhin im Einzelnen zu sprechen sein wird. Bei der Namengebung der Schichten hat die Thierwelt naturgemäß vor der Pflanzenwelt meist den Vortritt erhalten. In den zu unterst liegenden laurentischen Schichten hat man mit Ausnahme des später zu erwähnenden sogenannten „kanadischen Morgenwesens" (Eozoon), welches nach der Ansicht der meisten Forscher nur ein Pseudo-Organismus, d. h. eine mineralische Bildung ist, die den Schein eines organischen Wesens angenommen hat, keine Thier- oder Pflanzenreste aufgefunden und deshalb bezeichnet man sie auch wohl als thierlose oder azoische Schichten. In den Algonkin-Schichten, die

unter der cambrischen Formation liegen, kommen dagegen unzweifelhafte Radiolarien-, Armfüßler-, Korallen-, Muschel- und Trilobiten-Reste vor. In den darüber lagernden cambrischen Schichten sind bereits mannigfache, wenn auch im Ganzen spärliche Reste von zur Zeit ihrer Ablagerung in den Meeren lebenden Wesen erhalten und ihre Seltenheit ist zum Theil wohl nur einer geringeren Erhaltbarkeit der niedersten Thiere und Pflanzen, zum Theil auch nachträglichen zerstörenden Einwirkungen zuzuschreiben. Wir treffen nämlich die hierher gehörigen Schichten, selbst was die rein mineralogische Beschaffenheit anbetrifft, in einem Zustande bedeutender Umwandlung an, die hier und da auf von unten heraufdringende Wärmewirkungen zurückzuführen sein mag. Die Kalklager dieser Schichten, welche wir wohl ebenso wie die Kalkbildungen späterer Zeiten, als Schalen- und Gerüstanhäufungen niederer Thiere betrachten dürfen, sind häufig durch halbe Schmelzung unter hohem Druck zu einer marmorartigen Dichtigkeit zusammengesintert, so daß sich keine Spuren der ehemaligen Formen dieser Kalktheile erkennen lassen. Erst in den *silurischen* Schichten finden wir die Ueberreste einer zahlreicheren Lebewelt, die durch den verhältnißmäßig hohen Grad ihrer Entwicklungsstufe die Vermuthung einer vor ihr vernichteten artenreichen Welt niederer Wesen zur Gewißheit erhebt. Wie man aber in der Völkergeschichte die kleineren Zeitabschnitte nach der Oberherrschaft bestimmter Reiche, wie der Aegypter, Griechen, Römer, Osmanen, Franken, Deutschen u. s. w., oder nach einzelnen Dynastien benennt, so ist die *Primordialzeit* charakterisirt als die Oberherrschaft des Meeres, als die Dynastie der *wirbel- und schädellosen Thiere* und landschaftlich oder vielmehr meerschaftlich als die Zeit der submarinen *Tangwälder*, wenn auch bereits unverkennbare Spuren von Landpflanzen und Landthieren darunter auftreten.

In den letzten Tagen des Silurmeeres, wohlverstanden erdgeschichtlichen Tagen, von denen jeder Jahrtausende umfaßt, traten bereits die *Fische*, die Beherrscher der *Primärzeit* oder des *Alterthums der Thierwelt* (*paläozoische Epoche*) auf die Weltbühne. Es ist dies die Zeitfolge, in welcher der alte rothe Sandstein (*devonische Formation*), die *Steinkohlenlager*, und darauf der jüngere rothe Sandstein (*permische Schichten*) abgelagert wurden, was aber nicht so zu verstehen ist, als seien *nur* Sandsteine und *nur* Steinkohlen, nicht auch Kalk- oder Schieferbildungen aus diesen ungeheuer langen Zeitabschnitten zu verzeichnen; die genannten Bildungen sind eben nur als die herrschenden, tonangebenden angeführt. Diese drei verschiedenen Formationen oder Systeme erreichen eine Schichtenhöhe von über vierzigtausend Fuß, also etwas über die Hälfte der Primordialzeit-Schichtenhöhe (vergl. S. 79) aber mehr als die doppelte Dicke alles nach ihnen überhaupt noch abgelagerten Weltschuttes. Und doch war die thierische Entwicklung im Wirbelthierreiche erst knapp bis zum *Reptil* in ihr vorwärtsgedrungen, und noch beschatteten nur wenig

andere Pflanzen den Boden, als farnartige Gewächse, in einer, aus ihren Resten zu schließen, allerdings überaus üppigen Entwicklung. Doch waren schon einzelne Samenpflanzen (Cordaiten) vorhanden.

Die Secundärzeit oder das Mittelalter der Thierwelt (mesozoische Epoche), welche man auch die Herrschaft der Reptilien nennen könnte, erreicht mit allen ihren Unterabtheilungen (Trias-, Jura-, Wealden- und Kreide-Zeit) in ihren Schichtenbildungen eine Mächtigkeit von fünfzehntausend Fuß. Man unterscheidet hier besonders zahlreiche Stufen, so in der Triasformation von unten nach oben folgend: Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper und Rhätische Stufe, in der Juraformation: Lias, Dogger und Malm, in der Wealdenformation die Purbeck- und Wälderschichten, in der Kreideformation: Neokom, Gault, Cenoman, Turon und Senon. Inzwischen erschienen die ersten Vögel und die ältesten Säugethiere, um die durch die Farnwälder der vorigen Epoche, zu denen sich jetzt mehr Ursamenpflanzen (Nadelhölzer und Cycadeen), Windblütler und die ersten eigentlichen Blumengewächse (Insectenblütler) gesellten, gereinigte Atmosphäre zu athmen.

Allein die höchste Wirbelthierfamilie, die der Säuger, wurde erst Herr des Gewürms während der Tertiärzeit oder neueren Zeit der Thiere (känozoische Epoche), dem Zeitalter der Säugethiere und Laubwälder, welche man nach Lyells Vorschlag wiederum in eine alte, mittlere und neuere (eocäne, miocäne und pliocäne) Periode theilt, obwohl die Gesammtdicke des in ihr abgelagerten Schutts nur etwa fünftausend Fuß beträgt. Zwischen Eocän und Miocän schieben die meisten neueren Geologen, um die Abschnitte gleichmäßiger zu gestalten, das Oligocän ein. Hierher gehören unter andern die Braunkohlen und Bernstein führenden Schichten (Molasse-Formation).

Vielleicht schon am Ende dieses, jedenfalls in frühen Tagen des nächsten, noch fortdauernden Quartär- oder Quarternär-Zeitalters, erschien dann der vorzugsweise als „Krone der Schöpfung" bezeichnete Mensch auf der Weltbühne, seit dessen Erscheinen höchstens fünfhundert Fuß Weltschutt auf den Meeresboden hingeschlemmt worden sind, was einem halben Procent der Gesammtablagerung entspricht. Auch die Schichtenbildungen dieser Epoche theilt man wiederum in zwei Abtheilungen, in das Pleistocän oder Diluvium, so genannt, weil man früher in ihm die Spuren einer großen allgemeinen Fluth (Sintfluth) zu erkennen glaubte, die sich aber meist als Wirkungen der Eis- oder Gletscherzeit herausgestellt haben, und in das jüngere Alluvium oder angeschwemmte Land, unter welchem man nur diejenigen Neubildungen versteht, welche erst von den Flüssen und Gewässern in ihrer heutigen Vertheilung erzeugt wurden. Aber ebenso wie die früheren Bildungen gehen auch diese jüngeren unmerklich in einander über; die ganze Eintheilung ist nur ein Nothbehelf, um einzelne Phasen der Erdbildung und Erdgeschichte überhaupt kurz be-

zeichnen und nothdürftig auseinander halten zu können. Man unterscheidet als letzte wohl auch noch eine Kulturschicht, die der Mensch durch unmittelbare Einwirkung verändert hat. Allein die Kulturzeit, die Epoche, von der geschichtliche Ueberlieferungen existiren, kann von der Quartärzeit wiederum nur einen letzten und kleinsten Bruchtheil für sich in Anspruch nehmen; was wir Weltgeschichte nennen, ist also ein ganz verschwindender Theil, eine Sekunde in der Geschichte der Erde, geschweige denn in derjenigen der Welt. Die Tafel auf der folgenden Seite giebt ein ungefähres Bild der Ueberlagerung und Eintheilung der hauptsächlichsten Schichten mit Andeutung der Dicken-Abnahme der Absätze in den jüngeren Epochen, wobei aber die jüngsten Schichten der Druckeinrichtung wegen, noch erheblich mehr Raum einnehmen, als sie im Verhältniß zu den älteren eigentlich dürften.

Wie schon oben bemerkt wurde, ist auch die Eintheilung in Zeitalter, die durch überall verschieden starke, übereinanderlagernde Absatzbildungen begrenzt werden, nur um eine allgemein verständliche Bezeichnungsweise zu gewinnen, von dem Auftreten neuer Lebensformen und dem Verschwinden ganzer Gruppen anderer abgeleitet worden. Man darf aber daraus keineswegs mit früheren Gesteins- und Thierkundigen schließen, daß mehrmals in der Welt eine vollkommene Vernichtung des Bestehenden und Neuschöpfungen stattgefunden hätten. Der Schein der Lückenhaftigkeit und vollkommenen Neuheit der Lebensformen einer überlagernden Schicht, welcher zu dieser irrthümlichen Auffassung geführt hat, entsteht vielmehr dadurch, daß das Wasser an keinem bekannten Orte der Welt ununterbrochen seine Schlammschichten abgesetzt hat. Ueberall folgten sich Hebungen und Senkungen und ehe die Welle zu einem ehedem verlassenen Orte wiederum zurückkehrte, hatte dessen Lebewelt sich größtentheils so umgewandelt oder war durch Einwanderungen so verändert worden, daß (allerdings mit Ausnahmen, die häufig genug vorkommen) die jüngeren Schichten auch meist verschiedene Formen enthalten.

Bei dieser Klassifikation der Schichten nach den von ihnen eingeschlossenen Versteinerungen ist vor allem die unverkennbare Beschleunigung des Fortschrittes der Lebensformen, wie sie die abnehmende Dicke der jüngeren Schichten anzeigt, von Interesse. Auch in der Natur scheint das Sprichwort zu gelten, daß der erste Schritt immer der schwerste sei. Wie der fallende Stein seine Geschwindigkeit stetig vermehrt, so scheint sich der Fortschritt des Lebens zunehmend beschleunigt zu haben. Heute bedeutet ein Jahrhundert für die Kultur mehr als vordem Jahrtausende: so währte die Herrschaft der niedern Thiere durch unendliche Zeiträume, während die höheren mit immer kürzeren Fristen sich begnügen mußten, an der Spitze der Schöpfung zu stehen, worauf in einer Zeitspanne der Mensch sich die ganze Natur unterwarf.

Uebersicht der Absatzbildungen nach ihrer Reihenfolge und Mächtigkeit.

Weltalter	Formationen oder Schichtensysteme	Gebirgsarten.	Charakterpflanzen	Thierherrschaften	Tierzeit
Quartär-Epoche	Alluvium Diluvium (Pleistocän)	Angeschwemmtes Land Eiszeitbildungen	Kulturgewächse	Mensch	Kanozoische
Tertiär-Epoche	Pliocäne Miocäne Oligocäne Eocäne	Molasse oder Braunkohlen-Gebirge	Blumenpflanzen	Säugethiere	Kanozoische
Sekundär-Epoche oder Mittelalter	Kreide Wealden Jura Trias	Quadersandstein Wealden Oolith Lias Keuper Muschelkalk Bunter Sandstein	Windblüthler Nadelhölzer Palmenfarne	Ursänger Vögel Reptile	Mesozoische
Primär-Epoche oder Alterthum	Dyas oder Permische Carbonische Devonische	Zechstein Kupferschiefer Rothliegendes Steinkohlen Kohlenkalk Alter rother Sandstein	Ursamenpflanzen (Cordaiten) Farnartige Gewächse	Amphibien Doppelathmer Fische	Paläozoische
Primordial-Epoche oder Urzeit der Erde	Silurische Kambrische Huronische Laurentische	Grauwacke oder älteres Uebergangs-Gebirge Schiefer-Gebirge Gneiß-Gebirge	Ur-Luftpflanzen Meer-Tange	Fische Schädellose Wirbelthiere Wirbellose Thiere Urthiere	Paläozoische Archäische

III.

Die Gestalten des Mineralreichs.

(Krystalle und Edelsteine.)

Nunmehr fordr' ich dich auf, mir zuzugestehen, daß Alles,
Was nur Empfindung hat, aus nicht empfindenden Stoffen
Sei zusammengesetzt. Nicht streitet dagegen Erfahrung,
Noch auch der Augenschein; ja beide führen vielmehr uns
Selbst dahinaus und lehren uns, wie ich behaupte,
Daß aus gefühllosem Stoff die fühlenden Wesen erzeugt sind.

Lucrez, Von der Natur der Dinge, II, v. 837 ff.

Wie groß auch der Fortschritt sein mag, den die Welt von ihrem Ursprunge bis zur Bildung eines meerumflossenen Planeten durchzumachen hatte, wie verschiedenartig auch die Wandlungen des Stoffes auf diesem ungeheuren Wege gewesen sein mögen, dem menschlichen Begreifen erscheint das Ergründete in der Regel sehr einfach und unbedeutend gegen die Frage nach dem Ursprunge des Lebens. Die Schwierigkeit entspringt aber hauptsächlich einem eingelebten Vorurtheil, welches die lebende Materie für eine von der „todten" durchgreifend verschiedene oder doch von besondern Kräften gleichsam *besessene* ausgab. Die Chemie hat dieses erstere Vorurtheil zerstört, indem sie zeigte, daß der lebende Körper keine andern Elementarstoffe enthält, als die, welche das gesammte Weltall zusammensetzen, die neuere Physik und Physiologie haben die zweite Hälfte dieser Voraussetzung als unhaltbar erwiesen, indem sie nachwiesen, daß die Aufstellung einer besondern, die andern Naturkräfte beherrschenden Lebenskraft, mit dem als allgemeingiltig anerkannten Gesetze der Einheit der Kraft unvereinbar ist. Seit *Wöhler* im Jahre 1828 gefunden, daß man eine Verbindung, deren Darstellung bis dahin nur dem thierischen Organismus möglich schien, auch im Schmelztiegel des Laboratoriums erzeugen kann, hat die Lebenskraft zu kränkeln angefangen, und ist, nachdem sich solche Angriffe auf ihre souveräne Machtvollkommenheit wiederholt haben, in dem Bewußtsein der modernen Forschung sanft und selig entschlafen. Die zum Theil sehr heftigen Kämpfe dieser Richtung wären der Neuzeit erspart geblieben, wenn man sich allgemein das Denkergebniß *Spinoza's* zu eigen gemacht, daß ein prinzipieller Unterschied zwischen todter und lebender Materie nicht besteht, weil alle Materie belebt ist. Es ist eine der Lebens-

äußerungen des Magnets, einer seiner elementaren, beständigen „Gedanken", das Eisen anzuziehen, und so ganz Unrecht hatte Thales gewiß nicht, als er dem Magnete eine Seele zuschrieb. Wir können diese Seele niederster Stufe vernichten, wenn wir den Magnetstein in einer Schale zerreiben, grade als wenn wir einen Organismus in kleinste Stücke zerschneiden. Eine besondere Anordnung der kleinsten Theile erzeugt in dem Minerale eine nach außen wirkende Kraft, welche verschwindet, wenn man diese Anordnung zerstört.

Der Mehrzahl chemischer Stoffe wohnt das Bestreben ein, unter Umständen, die eine ungehinderte Anordnung der Theile für längern Bestand begünstigen, individuelle Gestalten, sogenannte Krystallformen anzunehmen, strengste und in gewissen Grenzen gleichbleibende Verkörperungen mathematischer Formgesetze. Man beobachtet dabei das erstaunlichste Wechselverhältniß zwischen Form und Inhalt, was besonders bei einigen Doppelverbindungen zu Tage tritt, in denen chemisch gleichwerthige Bestandtheile einander in wechselnden Mengen ersetzen können, wobei, während der Grundplan der Gestalt derselbe bleibt, die Winkelgrößen der ebenen Begrenzungsflächen, genau der mehr oder minder großen Menge eines Bestandtheils der Verbindung entsprechend, um einige Grade zu- oder abnehmen, und sich bei gleichem Mischungsverhältniß gleich bleiben. Schon Empedokles hatte ausgesprochen, die Seele sei das Formbedingende und bilde den Körper, richtiger wäre es zu sagen, sie sei der innere Ausdruck einer bestimmten Anordnung und Wechselwirkung der Theile. Darum muß Allem eine Seele zugesprochen werden, dem eine individuelle Form zukommt; Krystall, Pflanze und Thier sind in verschiedenen Abstufungen beseelte Wesen. Denn schon bei dem Krystalle bemerken wir die Aufsammlung bestimmter Kräfte, die in derselben Masse, so lange sie gestaltlos in Pulverform oder Auflösung bestand, nicht nachweisbar waren, die also von der Anordnung der Theile abhängig sind. Es fährt keine Seele von außen in den krystallisirenden Stoff, dessen ungeachtet benimmt sich das neue Individuum in durchaus persönlicher Weise gegen Licht, Wärme, Electricität und Magnetismus, es bildet in bestimmten Richtungen Kraftgegensätze, Polaritäten aus, deren Wesen uns genau so dunkel ist, wie das der thierischen Seele. Das Krystallindividuum ergänzt, in die Mutterlauge zurückgebracht, erlittene Verletzungen, wie der Eidechse der verlorene Schwanz wieder wächst und es kann, als ob ihm ein ewiges Leben innewohne, nach Jahrtausende währender Unterbrechung weiterwachsen, wie man an tiefvioletten Amethystkrystallen sieht, die als farblose Bergkrystalle weitergewachsen sind. Wenn aber Verletzungen bei Krystallen auszubessern sind, so erfolgt zunächst in schnellerem Tempo, wie Loir 1881 an Alaunkrystallen beobachtete, die Ergänzung der fehlenden Ecken und Kanten, bevor das allgemeine Weiterwachsthum langsam einsetzt. Selbst zerfressene, zerbrochene und gerundete Feldspathkrystalle und Sandkörner, die vor undenklichen

Zeiten aus Urgesteinen und Quarziten herausgelöst und abgerieben wurden, wachsen bei geeigneter Behandlung durch die ihnen eigene Verjüngungskraft neu zur regelrechten Form heran. Ein Krystall regt ferner die Bildung gleicher Individuen an, die sich sonst nicht gebildet haben würden, und geht mit denselben, also mit Außendingen, bestimmte Verhältnisse ein. Hier finden ganz auffallende Einwirkungen statt, die, obwohl sie den einfachst denkbaren Fall darstellen, uns schon räthselhaft bleiben, die uns aber allein den Schlüssel zum Verständniß zusammengesetzter Erscheinungen derselben Gattung liefern können. Der Schwefel, bekanntlich ein Elementarstoff, vermag je nach der Temperatur, bei welcher er aus dem flüssigen in den festen Zustand übergeht, ganz verschiedene Gestalten anzunehmen, eine oktaëdrische und eine prismatische Form. Hängt man nun zwei dieser Krystalle an feinen Platindrähten in eine übersättigte Auflösung von Schwefel in Benzol hinein, so bilden sich in der Nähe des prismatischen Krystalles neue Prismen, in der Umgebung der oktaëdrischen Form aber ihres Gleichen, bis sich schließlich die beiden Krystallheere erreichen, worauf beim ersten Zusammenstoß die letztere Form ganz unterdrückt wird, ein Kampf um's Dasein unter den Krystallen.

Ein lebhaft an biologische Verhältnisse erinnerndes Vermögen liegt schon in dem Umstande, daß der wachsende Krystall durch die äußeren Umstände, Wärme, Concentration der Lösung, ja durch die Gegenwart fremder Stoffe, die gar nicht in seine Zusammensetzung eingehen, beeinflußt wird, und darnach seine Gestalt verändert, wie die lebenden Wesen sich ihrer jeweiligen Umgebung anpassen. Die Gegenwart gewisser Stoffe hindert andere am Krystallisiren. Ueber dieses Vermögen der Krystallkräfte sich nach äußern Einwirkungen einzurichten, und hiernach in der äußern Gestalten-Ausprägung und Rückwirkung auf die Außenwelt zu variiren, kann uns nichts einen mehr belehrenden Aufschluß geben, als die Schneeflocke in ihrem wunderbaren Formenreichthum. Es giebt in der Natur kaum zum zweiten Male, und weder im Pflanzenreiche, noch in der Thierwelt eine so erschöpfende Variation einer einfachen Grundform, die immer auf dieselben Elemente zurückführbar, so viel Eleganz mit gleich viel gesetzmäßiger Starrheit verbände (Fig. 54). Hunderte dieser Gestalten, eine immer schöner als die andere, und jede in sich vollendet, sind von aufmerksamen Beobachtern abgebildet worden, unendlich mehr ruhen, wie der Beschauer dieser kaleidoskopischen Wunder zugeben wird, in der Möglichkeit. Und wenn wir nun bedenken, daß aller dieser Formenreichthum, der unsern Schönheitssinn befriedigt, eine Werdelust, die sich nie genug gethan, schon in dieser einfachsten aller Verbindungen ruhen, und nur in die Erscheinung gerufen werden, wenn die Kälte der in ihr schlummernden Gestaltungskraft zu Hilfe kommt, und so zu sagen ihre Gedanken festhält, so werden uns die wunderbaren morphologischen Fähigkeiten zusammengesetzterer Verbindungen, die sich unter günstigen Bedingungen entfalten können, begreiflicher werden.

Jeder, der die Bildung der Schneeflocken aufmerksam studiert hat, muß der Anschauung zuneigen, daß die anorganischen Körper keineswegs ganz jenes einheitlichen Zusammenwirkens innerer Kräfte ermangeln, welches das Entstehen, Ausgestalten, Wachsen und die Vermehrung des organischen Individuums bedingt, der sogenannten Seele, die mit der Form vergeht.

Fig. 54.
Schneesterne.

Diese Betrachtungen sind grundlegender Natur und von der höchsten Wichtigkeit für das Verständniß der Lebenserscheinungen, darum möchte ich über diesen Punkt ausführlicher sein. Denn nur wenn wir klar eingesehen haben, daß der individuellen Ausgestaltung schon in der anorganischen Natur ein innerlicher, nach außen zurückwirkender und von der Außenwelt beeinflußter Gesammteffekt entspricht, kann uns das Verständniß zusammengesetzterer Erscheinungen im Individuum aufgehen. Wir werden dann begreifen, oder wenigstens ahnen, daß, wie es bereits Spinoza mit aller Klarheit aussprach, die Vervollkommnung jener innern Sammlung gleichen Schritt halten müsse mit der Vervollkommnung des Körpers und um so mehr gesteigert werden könne, je mehr derselbe geschickt wird, die Einwirkungen der Außenwelt als Veränderungen seines Seins zu erfahren. Ich mache gleich hier darauf aufmerksam: es giebt nur die Wahl, auf derartigen Wegen das Verständniß des von dem äußern unzertrennlichen Innenlebens zu suchen, oder sich später zur Annahme des Leibniz'schen Lehrsatzes von der prästabilirten Harmonie, welche das Gleichgewicht zwischen Seele und Körper künstlich herstellt, einer der scharfsinnigsten Narrheiten, die jemals ausgeheckt wurde, zu entschließen.

Es dürfte überhaupt geeignet sein, auch darauf den Blick zu richten, daß wir die Schöpferin des organischen Gestaltenreichthums, das Variations- und Anpassungs-Vermögen schon in der unorganischen Welt rastlos thätig finden. Vergleicht man die Schneesterne gemeinschaftlicher Entstehung miteinander, so findet man, daß sie alle einer und derselben, oder einigen wenigen nahestehenden Formen angehören, während die des nächsten Wintertages vielleicht ganz und gar abweichend gebaut sind. Daraus läßt sich schließen, daß jede dieser vergänglichen Gestalten, der genaue Ausdruck eines besonderen Mischungsverhältnisses von Feuchtigkeit, Bewegung, Druck, Temperatur, Belichtung, elektrischer Spannung und chemischer Zusammensetzung der Luft sein mag, wie es bei ihrer Bildung vorwaltete. Mit einer Vielseitigkeit der Ideen, um die sie ein Musterzeichner beneiden könnte, tritt so bereits das innere Vermögen der einfachsten und

indifferentesten Verbindung, die wir kennen, den gestaltenden Einflüssen der Außenwelt entgegen.

Nachdem man sich zu dem Zugeständniß gezwungen gesehen, daß Kräfte und Bestandtheile der organischen und unorganischen Körper völlig übereinstimmen, haben die Anhänger der spiritualistischen Richtung der Naturerklärung im lebenden Körper immer noch nach einer besondern zusammenhaltenden und die übrigen Thätigkeiten bestimmenden Kraft gesucht, nach deren Entfernung erst die Naturkräfte wieder in ihre gewöhnliche Machtvollkommenheit treten sollten. Man hat die Spuren dieser sogenannten, heutzutage nach langer Verbannung aus der Wissenschaft wieder zum Scheinleben erweckten „Lebenskraft" unter andern an optischen Eigenschaften nachzuweisen versucht, welche ausschließlich Stoffen eigen sein sollten, die durch den Lebensprozeß erzeugt werden. An zahlreichen Producten des Thier- und Pflanzenreiches hatten die Physiker die Eigenschaft entdeckt, die Polarisationsebene des Lichtes im Kreise herumzudrehen. Nach gewissen, von dem Physiker Biot zuerst ausgesprochenen und später besonders von dem Botaniker Nägeli ausgeführten Ideen sollte ausschließlich der Lebensproceß im Stande sein, den kleinsten Theilen einer Verbindung diejenige Anordnung zu ertheilen, welche erforderlich ist, um die erwähnte optische Wirkung hervorzubringen. Wenn es also auch der chemischen Kunst gelungen wäre, eine Reihe von Stoffen, die vorübergehend im pflanzlichen oder thierischen Körper auftreten, darzustellen, so sollte dies doch nie mit einer solchen, das Wunder der Kreispolarisation darbietenden Substanz, wie Zucker, Dextrin, Gummi, den meisten ätherischen Oelen, Aepfelsäure, Weinsteinsäure u. s. w. geschehen können, die sich gleichsam als halb organisirt und vom Hauche des Lebens berührt erweisen. Aber vor einer Reihe von Jahren ist es dem Chemiker Jungfleisch gelungen, auch diesen letzten Hort der Lebenskraft zu zerstören, indem er die drehende Säure des Weines, deren Erzeugung nur der Rebe resp. andern Obstgehölzen möglich sein sollte, aus Bestandtheilen zusammensetzte, die nie mit lebenden Körpern in Berührung gewesen zu sein brauchten und nie von deren „Lebenskraft" irgend eine Beeinflussung erfahren hatten. Zuckerstoffe und selbst eiweißartige Stoffe sind gefolgt.

Es entspricht der Auffassung vom Werden, die wir hier vielleicht ohne Beifall ausführen, eine erste Individualisation des Weltstoffs nnd Sammlung dessen, was Spinoza die allgemeine Denkkraft der Substanz nannte, in einer Welt der Krystalle verkörpert zu sehen. Es wäre der erste Anlauf des vorher luftförmigen, feuerflüssigen, oder aufgelösten Stoffes, Gestalt zu gewinnen, eine Vorstufe des Lebens, ein erstes Wachsen und Wirken als Individuum, welches wir in dieser Welt der Krystalle und Edelsteine, die der lebendigen Schöpfung vorausging, studiren können. Alle Bedingnngen zu ihrer Bildung waren in einer Weise vorhanden, wie sie die Erdoberfläche später nie wieder darbieten konnte. Geschmolzene Massen von un-

geheurer Gluth, die langsam unter starkem Druck erkalteten, heiße wässerige Mutterlaugen, in denen Niemand rührte und den Verdunstungsproceß beschleunigte, das waren die günstigen Geburtsumstände dieser steinernen Schöpfung. Viele Edelsteine, in denen die Gluth ihrer Jugendzeit aufbewahrt scheint, und deren Entstehungs-Bedingungen ebensowohl aufgehört haben, wie die mancher vorweltlichen Thiere, ja zum Theil selbst den Chemikern räthselhaft erscheinen, gehören dieser frühesten Gestaltenwelt an.

Fig. 55.
Dendriten auf Solenhofener Schiefer. (Natürliche Größe.)

Andere bilden sich wohl noch heute in gleicher Weise und wachsen durch Jahrtausende im Erdschooße fort. Der phantastische Sinn des Naturmenschen hat sich oft eine unterirdische Welt ausgemalt, in der eine Vegetation aus edlen Metallen und schimmerndem Gestein aufsprießt, eine Welt von größter Gediegenheit, wenn auch von korallenartiger Starrheit des Aufbaues. Alle Farben der Pfauenfeder schimmern in derselben, obwohl das Licht in ihre Klüfte nicht hindringt und sie selber mit Farben malen kann; die Metalle dienen hier als Farbstoffe und geben die feuerbeständigen Gluthfarben der Edelsteine. Wie die Eisblumen an unseren Fenstern in Wintertagen, so wächst das edle Metall wie aus einer Wurzel Stamm

und Aeste bildend, sich rankend und reichliche Blätter treibend, zu einem mineralischen Baum empor, als schlummerte eine Ahnung, ein Werdetrieb in ihm, der ihn die Formen vorbilden ließe, die erst der organische Stoff erreichen kann. Aber auch in diesen Dendriten bestimmt ein gemeinsamer, durch das ganze Gewächs pulsirender Antrieb das Weiterwachsthum, sei es auch nur ein einfacher elektrischer Strom, der ein Krystallblättchen nöthigt, sich an das andre zu lehnen, wie im organischen Reiche Zelle an Zelle. In den Moosachaten und manchen Kalksteinen nehmen die Dendriten so frappant pflanzenartige Formen an, daß der Forscher zweimal hinsehen muß, um sich zu überzeugen, daß es nicht das Skelett eines orga-

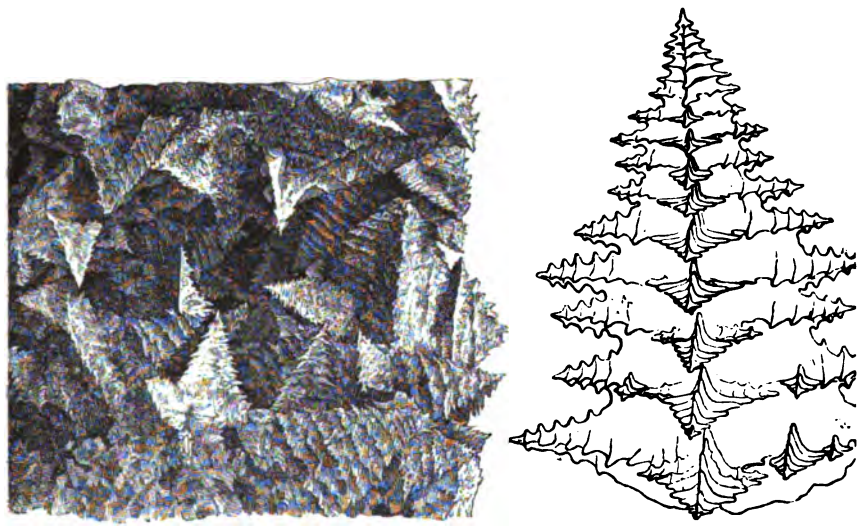


Fig. 56.
Krystalldruse im gegossenen Eisen, nebst vergrößerter Einzelgruppe.

nischen Wesens ist, was er vor sich sieht; so täuschend sind die Moosbäumchen, daß die florentiner Mosaik derartige Platten mit geringer künstlicher Nachhilfe in Landschaften verwandelt, deren schönster Schmuck eben diese zierlichen Baumgestalten sind (Fig. 55). Selbst das dichte Metall neigt dazu, wenn es aus dem flüssigen Zustande in den festen übergeht, Krystallgruppen von oft zierlichster Anordnung zu bilden, so z. B. das Eisen, mag es im Schmelzofen oder als Meteorstein erkalten: aber oft, wie beim Zinnblech oder dem Meteorstein ist eine Anätzung der Oberfläche nöthig, um das zierliche „Moiré" oder die Widmannstätten'schen Krystallfiguren hervorzurufen (Fig. 56). Phantasiereiche Naturforscher haben noch in neuerer Zeit derartige Krystallbildungen der Urgesteine oder Meteorsteine für Reste organischer Wesen angesehen, ja die Meteor-

steine als ganz und gar aus den Trümmern organischer Wesen zusammengesetzt erkennen wollen, allein weniger gläubige Naturforscher haben den Gegenbeweis geliefert, daß derartige strahlige und polygone Bildungen auch bei der künstlichen Darstellung der Mineralien, die in den Meteorsteinen vorkommen, erhalten werden, und namentlich aus Enstatit (kieselsaurer Magnesia) bestehen.

Jene schimmernde Vegetation der Gnomen und Zwerge haben die alten Chemiker wiederzuerwecken gesucht, kühne Phantasten, die etwas von der Schöpferfreude nachzukosten für die größte Errungenschaft hielten. In der Asche einer Pflanze, meinten sie, müsse etwas von ihrer Gestalt begraben liegen und der Wiedererweckung harren. Diese unter mancherlei Bedingungen hervorrufbare Neuschöpfung nannte man die „Palingenesie der Pflanzen". Mit Entzücken beobachteten diese alten Laboranten, wie sich aus der abgekühlten Aschenlauge zierliche Blättchen und Blüthensterne, ja ganze reichbelaubte Zweige — die Krystallgruppirungen der Aschensalze abschieden. Es war eine liebenswürdige, naive Freude an der Allmächtigkeit des Naturwaltens, über die man nicht lachen sollte. In hübschen Experimenten, die sich noch heute sehen lassen können, wußte man die Metalle aus ihren Auflösungen in der Gestalt prächtiger Bäume und Gesträuche, zum Theil mit gezackten Blättchen oder Nadeln abzuschneiden: ein Tropfen Quecksilber ließ den Dianenbaum in der Silberlösung, ein Stückchen Zink den Saturnusbaum in der Bleizucker-Auflösung und ein Körnchen grüner Vitriol den Glauber'schen Eisenbaum in der Wasserglasflüssigkeit lustig emporsprossen. Mit athemloser Spannung saßen die alten Chemiker vor dem Glase, in welchem sich ein solches mysterium naturae oder miraculum artis vollzog, und beobachteten das allmälige Wachsthum der Metallvegetation mit inniger, kindlicher Theilnahme.

Damit noch nicht zufrieden, dachten sie mit Hilfe der spagyrischen Kunst sogar ein lebendes allwissendes Menschlein ohne Zuthun einer andern Mutter, als der Chemie, in einer Phiole zu Wege zu bringen, welche letztere, um die zur Erzeugung nothwendige gleichmäßige Wärme zu erhalten, in den Bauch eines Pferdes oder wenigstens in Pferdemist verborgen werden sollte. In dem Buche des Paracelsus über die Natur der Dinge findet man ausführlich auseinandergesetzt, wie das Unternehmen anzufangen sei, um es zu glücklichem Erfolge zu führen. Wenn das Geschöpfchen sich gebildet habe, höre man plötzlich einen feinen Schrei im Glase. Dann müsse es sorgsam mit Menschenblut gesäugt werden, bis es erstarke und die auf seine Erzeugung verwendete Sorgfalt reichlich belohnen könne durch immer bereiten Rath und allgemeines Wissen. Aber nur unter ausnahmsweise günstigen Aspekten, unter fortwährenden Anrufungen des Himmels und Gebeten, um den sakrilegischen Versuch, die Geheimnisse Gottes nachzuahmen, dadurch zu sühnen, könnten derartige große Werke gelingen.

Nach und nach sind die Chemiker in ihren Schöpfungsplänen bescheidener geworden. Die Gebilde der ersten Gestalten-Welt nachzuahmen, ist ihnen mit befriedigender Vollkommenheit gelungen, obwohl doch nicht alle Bürger derselben auf den Wink ihres Zauberstabes erstehen wollten. Viele Urmineralien, die auf den Feuerzustand der Erde zurückweisen, wie z. B. Feldspathe aller Arten, hat man in neuerer Zeit künstlich dargestellt; auch Edelsteine, wie den Rubin und Sapphir, die beide aus krystallisirter und durch Metalloxyde gefärbter Thonerde bestehen, haben Chemiker in ansehnlichen Krystallen erzeugt; der Lapis Lazuli, dessen Pulver die alten Maler mit Gold aufwiegen mußten, wenn sie das Gewand der Gottesmutter oder einer hoch verehrten Heiligen mit dem prächtigen Blau dieses Halbedelsteines schmücken wollten, wird heute als künstliches Ultramarin centnerweise aus unedlem Materiale gewonnen. Auch der kostbarste aller Steine, auf dessen Darstellung deshalb im Geheimen die meisten Mühen verschwendet worden sind, hat, nachdem er lange aller Versuche dieser Urwelts-Nachpfuschung gespottet hatte, endlich der Kunst der Chemiker seine Entstehungsweise ahnen lassen; Moissan hat, freilich sehr winzige Diamanten aus einer Lösung von Graphit in geschmolzenem Gußeisen oder anderen Metallen, die unter starkem Drucke erkalteten, darstellen können. Schon Newton hatte die Vermuthung ausgesprochen, daß in diesem härtesten und farbenfunkelndsten aller Körper, dem Diamanten, ein brennbarer Stoff enthalten sein müsse, daß er kein eigentliches feuerbeständiges Mineral sei, wie die andern Steine. In Folge dieser Aeußerung veranlaßte Cosmus III. die Florenzer Akademie im Jahre 1694, den Unbezwinglichen (Adamas), wie ihn die Alten genannt, im Fokus eines großen Brennspiegels der Feuerprobe auszusetzen, welche er nicht bestand. Hier, wo Gold und Silber wie Wachs schmolzen, bekam der Stein alsbald Risse, erglühte unter Funkensprühen und verschwand. Es war ein fürstlicher Versuch, welchen Kaiser Franz I. in Wien (1750) wiederholen ließ. Lavoisier, der in der französischen Revolution der Guillotine zum Opfer gefallene Schöpfer der neueren Chemie, erkannte, daß er sich dabei in dieselbe Luftart verwandelt, welche den Hauptbestandtheil des Rauches unserer Kamine ausmacht, in Kohlensäure. Der Diamant ist ein Bruder des Graphites, aus dem die Bleistifte gemacht werden, und des schwarzen Rußes: nichts als krystallisirter Kohlenstoff.

Aber es giebt eine Eigenthümlichkeit an diesem Fürsten des Edelsteinreiches, die ihn vor den meisten geringeren Steinen in nachdenklicher Weise auszeichnet; er ist nicht wie andere Krystalle von ebenen, sondern von gebogenen Flächen begrenzt. (Figur 57.) Kein anderer Elementarstoff bietet soviel wir wissen, eine ähnliche Formbildung und der Kohlenstoff kündete dadurch bereits im Urreiche an, daß er etwas Besonderes sei, andere Machtvollkommenheiten in sich berge, als die Schaar der übrigen Elemente. Und dieselbe Auserwähltheit spricht uns auch aus seiner unübertroffenen

Härte, aus dem unvergleichlichen Lichtbrechungsvermögen entgegen. Man möchte glauben, daß zahlreiche Kohlenstoffverbindungen dieses Vermögen, krummflächige Krystalle zu bilden, „geerbt" haben und daß diese sogenannten „Krystalloide" geradezu eine Uebergangsform vom Krystall zu der Zelle, dem Elemente der organischen Welt, vorstellen. Seit der bekannte Anatom Reichert im Jahre 1849 im Körper des Meerschweinchen Eiweißkrystalle gefunden hat, welche weich sind, die umgebende Flüssigkeit aufsaugen können, um sich dadurch aufzublähen, wie eine geschlossene Membrane, und

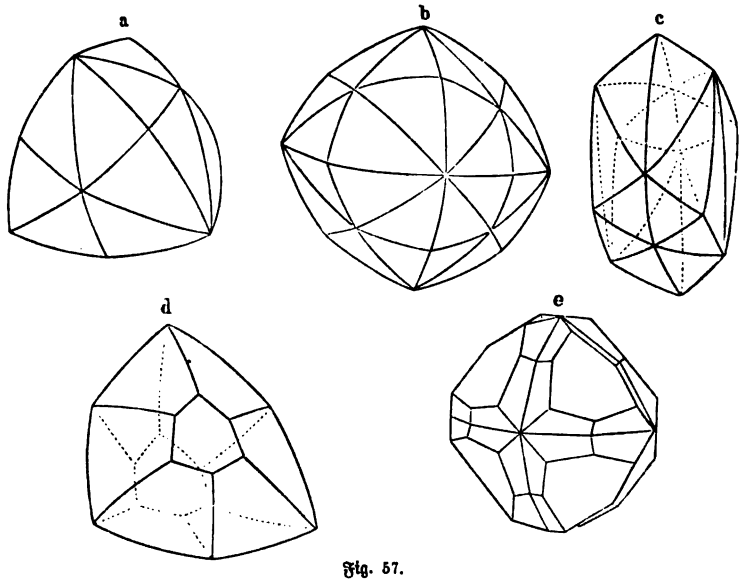


Fig. 57.
Rohe krummflächige Diamant-Krystalle
a Hexakis-Tetraëder. b c Hexakis-Oktaëder. d e Ableitungsformen beider.

also im Innern zu wachsen, während sich die Krystalle nur durch äußern Ansatz vergrößern, hat man dergleichen Krystalloide, wie sie Nägeli genannt hat, in den Zellen zahlreicher Pflanzen und Thiere aufgefunden. Es sind Krystallformen, die sich durchweg auf die starren, mathematisch bestimmten Gestalten der anorganischen Welt zurückführen lassen, aber krumme Flächen besitzen und sich gleichsam ernähren.

Solche Krystalloide, deren Bildung Hanstein auch außerhalb des lebenden Körpers beobachtet hat, fanden also bereits ihr Urbild in einer Zeit, in welcher man kaum wagt, nach Spuren organischen Lebens zu suchen. Und zwar ist dieses vorweltliche Krystalloid, der Diamant, welcher meist aus olivinhaltigen Gesteinen zu stammen scheint, auch in Meteoriten vorkommt, oft ein Riese gegen diejenigen, deren Bildung wir heute beobachten, und meistens ohne Mikroskop nicht einmal wahrnehmen würden.

Man hatte aus dieser Form, sowie auch aus manchen andern Eigenschaften geschlossen, daß der Diamant nicht auf feuerflüssigem Wege entstanden sein könne, wie er selber nicht feuerbeständig ist, und sich in starker Hitze aufbläht und in Graphit verwandelt, sondern daß er vielmehr als weiches, langsam gewachsenes Krystalloid entstanden sein müsse. Selbst Liebig sprach seine Meinung dahin aus, daß er wahrscheinlich das Zersetzungsproduct einer ehemaligen organischen Bildung sein möge. Brewster hatte schon früher Luftbläschen und Flüssigkeitströpfchen in demselben gesehen, Petzold wollte Ueberbleibsel organischer Zellbildung wahrgenommen haben und Göppert nahm 1854 unter dem Mikroskope eine Art Netz- oder Maschenbildung in dem kostbaren Steine wahr, welche, wenn nicht auf organische Zellen, doch auf ein System regelmäßiger Sprünge hinwies, wie sich solche nur in weichen, langsam trocknenden, organischen Massen (wie Gummi und Harzen) bilden. Auch mancherlei äußere Eindrücke von Sand und spitzigen Steinchen, wie man sie an den äußern Flächen einzelner Diamanten beobachtet hat, schienen für eine ursprünglich weiche Beschaffenheit des Krystalloids zu sprechen. Vor längern Jahren hatte Göppert sogar Diamanten untersucht, welche traubenförmig gehäufte, grüne Kügelchen enthielten, die auf's Täuschendste den Zellen gewisser niederer Pflanzen (Algen) glichen, und war nicht abgeneigt, in ihnen wirkliche Reste eines Urorganismus pflanzlicher Natur zu erkennen, dem wir die Diamanten-Bildung verdanken sollten. Solche Einschlüsse vermindern außerordentlich den Werth des Edelsteins als Schmuckgegenstand, erhöhen dagegen seine Anziehungskraft für den Forscher. Obige Hypothesen haben heute, nachdem man den Kohlenstoff aus geschmolzenen Metallen in durchsichtiger Form auskrystallisiren sah, sehr an Wahrscheinlichkeit verloren, wenn man auch die Möglichkeit einer mehrfachen Bildungsweise nicht ohne Weiteres bestreiten kann.

Wir sehen sehr häufig, daß Thiere und Pflanzen reine Mineralstoffe in Krystallen oder auch als Gerüstkörper von zierlichster Gestalt, wie die Radiolarien ihre Sterngerüste, Muscheln nnd Schnecken die Perlen, diese Nebenbuhler der Diamanten-Schönheit, und die Schwämme ihre Hautanker ausscheiden. In der Tiefe des Weltmeeres lebt der sogenannte Glasschwamm (Hyalonema), der ein krystallklares Borstenbündel aus reiner Kieselsäure (dem Bestandtheile der Bergkrystalle oder böhmischen Diamanten) abscheidet, welches den japanischen Damen als prächtiger Kopfschmuck dient. Andere niedere Urwesen erzeugten im Kreidemeer die ursprünglich gallertförmigen Absonderungen der Kieselklumpen, aus denen später der Urmensch seine ersten Waffen und Werkzeuge verfertigte. So sollte ein Lebensproceß der frühesten Urwelt die kohlenstoffreiche Gallerte abgesondert haben, in welcher die Diamanten gewachsen wären, die dann ebenso wie die durch Hitze und Druck aus organischen Resten gesonderten Graphitlager und Kalkeinschlüsse der Urschiefer vielleicht die ältesten Zeugen des Erdenlebens gewesen wären.

Aber wenn auch alle diese Muthmaßungen trügerisch sein sollten, in seinen krummen Flächen verkündet uns der Diamant ein Heraustreten aus der starren Gebundenheit der andern Elemente, eine uralte Bekräftigung dessen, was die Chemie auf anderem Wege gewonnen hat. Denn diese erwies, daß es eine unumgängliche Voraussetzung des Lebens giebt, die Gegenwart des Kohlenstoffs in jedem Leben äußernden Körper. Der Kohlenstoff allein scheint im Stande zu sein, die elementaren Grundkräfte der Materie so weit zu steigern, daß sie, wie zuerst im Krystalloide, zu höheren Lebensthätigkeiten übergehen können. Dieser unumgängliche Gehalt der organischen Körper an Kohlenstoff bildet daher einen fundamentalen Unterschied zwischen ihnen und den Mineralgestalten, und wenn wir den Glauben an ein geheimes Lebensprincip festhalten wollen, so dürfen wir dasselbe fortan nur in den besonderen Molecularkräften des Kohlenstoffs suchen.

Dieser Elementarstoff tritt zwar ebensowohl auch in den Atom-Verband unorganischer Körper ein, zu denen wir z. B. Marmor, Kalkspath und Kreide, überhaupt alle kohlensauren Salze rechnen müssen. Allein hier ist er als ein ersetzbares, nebensächliches Glied vorhanden, während er in den eigentlichen organischen Verbindungen das Centrum, gleichsam das chemische Skelett bildet, an welches sich die andern Elementarstoffe körperbildend anlegen. Es sind insbesondere vier Elemente, welche, wie der Dichter sagt, „innig gesellt" das Leben bilden, nämlich außer dem Kohlenstoff noch Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, die man deshalb auch als „Organogene" unterscheidet. Allein andere Elemente, namentlich Schwefel und Phosphor, gesellen sich ihnen zu, und selbst einige Metalle wie Eisen, Calcium, Natrium treten in innige Beziehungen zu denselben. Aber jeder einzelne von ihnen kann aus dem Verbande fortbleiben, ohne daß der Rest den Charakter einer organischen Verbindung verlieren würde, nur der Kohlenstoff fehlt, so viel wir wissen, in den Milliarden von Verschlingungen, aus denen sich die Mannigfaltigkeit der organischen Welt aufbaut, niemals. Man bezeichnet deshalb die organische Chemie schlechthin als die Lehre von den Verbindungen des Kohlenstoffes, als des organischen Elementes par excellence, und in den Bildformeln, durch welche die moderne Wissenschaft die „Struktur" der organischen Verbindungen zu veranschaulichen sucht, stellt sie den Kohlenstoff gewöhnlich in die Mitte des Schemas, um zu zeigen, wie sich die andern Bausteine um ihn herumlagern und den molekularen Körper aufbauen.

Zu einer solchen, man möchte sagen, Leib und Seele zusammenhaltenden Mittler-Rolle befähigt den im isolirten Zustande anscheinend wenig verbindungslustigen Kohlenstoff, ein einzig dastehendes Vermögen, die zusammengesetztesten Verbindungen zu Stande zu bringen. Die chemischen Elemente verbinden sich bekanntlich nur nach bestimmten Gewichts-Verhältnissen (den sogenannten Atom-Gewichten) mit einander. Das Wort der Bibel, daß die gesammte Welt nach Zahl, Maß und Gewicht geordnet

sei, hat den tiefsinnigen deutschen Chemiker Richter zur Entdeckung dieser Gesetzmäßigkeit geführt. Man hatte nun ferner bemerkt, daß einige gasförmige Elemente, wie der Wasserstoff, dessen Atomgewicht man wegen seiner Leichtigkeit als Einheit für diese Verhältnißzahlen gewählt hat, ferner das Chlor u. a. sich stets als gleiche einfache Volumina (Maßtheile), worin man aus theoretischen Gründen eine gleiche Atomen-Zahl annimmt, mit einander verbinden, während andere Elemente ein, zwei, drei, vier oder mehr Gas-Volumina zur Befriedigung ihrer Verbindungskraft gebrauchen. Man nennt sie hiernach ein-, zwei-, drei-, vier- u. s. w. werthige Elemente und merkwürdiger Weise gehören die vier Grundstoffe des Lebens den vier ersten Klassen an. So erfordert ein Volumen Wasserstoff auch nur ein Volumen des gleichwerthigen Chlorgases um Salzsäure, ein Volumen Sauerstoffgas dagegen zwei Volumina Wasserstoff um Wasser, ein Volumen Stickstoffgas aber drei Volumina Wasserstoff um Ammoniak und ein (hypothetisches) Volumen Kohlenstoffgas vier Volumina Wasserstoff, um den Hauptbestandtheil des Leuchtgases zu bilden. Wir sehen, daß der Kohlenstoff unter den vier Grundsäulen des organischen Lebens der am schwersten zu befriedigende Stoff ist, denn er braucht vier einwerthige oder zwei zweiwerthige, oder ein zweiwerthiges und zwei einwerthige, oder ein dreiwerthiges und ein einwerthiges, oder endlich ein vierwerthiges Atom anderer Stoffe zur Befriedigung seiner chemischen Bedürfnisse. Aber das will noch wenig sagen, die Kohlenstoff-Atome, welche den Kern der organischen Verbindungen bilden, scheinen sich untereinander zu verketten, um auf diese Weise in jede beliebige Combination mit andern Elementen, besonders der drei erstgenannten zu treten. Kein anderes chemisches Element kommt dem Kohlenstoff in dieser Fähigkeit, welche die Möglichkeit von Milliarden verschiedener Verbindungen in sich schließt, gleich, und wir müssen erkennen, daß in dieser seiner besondern Eigenschaft die Möglichkeit einer organischen Schöpfung vorzugsweise schlummerte. Ein moderner Chemiker, welcher die Geschichte der Schöpfung in seine geliebte chemische Zeichensprache übersetzen wollte, dürfte nicht wie Faust beginnen: Im Anfang war das Wort, oder der Sinn, oder die Kraft — „er kann die Kraft allein so hoch unmöglich schätzen" — und mit einem Male Licht erblickend, würde er ausrufen: Im Anfang war der Kohlenstoff mit seinen merkwürdigen inneren Kräften. Nur wo Kohlenstoff in einer geeigneten Form und hinreichenden Menge auf einem Weltkörper vorhanden war, konnte ein organisches Leben, wie wir es kennen, beginnen, denn er stellt den Krystallisationspunkt dieses Lebens dar. Die Atmosphäre und Wasserhülle der jungfräulichen, feuergebornen Erde enthielten unvergleichlich größere Mengen dieses Stoffes als heute Luft und Wasser und zwar ohne Zweifel in Gestalt von Kohlensäure, die noch heute den Ausgangsstoff alles Pflanzenwachsthums bildet, während das höhere Thierleben in einem Uebermaße desselben nicht bestehen kann.

Wie aber der Kohlenstoff das Band darstellt, welches die Stoffe des Lebens zusammenhält, so bleibt er beim Zerfallen derselben, dem Zerstörer Schiwa gegenüber, dessen Rolle in der organischen Welt der Sauerstoff übernommen hat, der letzte auf dem Platze. Mögen die Theile und Erzeugnisse der organischen Welt langsam verwesen oder schnell verbrennen, mögen Wasserstoff und Stickstoff sammt dem Sauerstoff und einem Theil des Kohlenstoffs als übler Geruch oder als leuchtende Flamme von dem Leichname emporgestiegen sein, ganz zuletzt bleibt ein Rest aus mehr oder weniger gereinigtem Kohlenstoff, welcher zuletzt verbrennt oder auch übrig bleibt, wenn die Sauerstoffzufuhr ungenügend war. Wie uns der Kohlenstoff in der Natur zunächst nur als Rest einer Verwesung oder Verbrennung organischer Körper entgegentritt, so haben wir vielleicht neben den Kohlenlagern der Vorwelt auch den Graphit der ältesten geschichteten Felslager als Zeugen einer ältesten organischen Schöpfung, deren Formen gänzlich verloren gegangen sind, zu betrachten. In den meisten solcher Lebensreste, z. B. in der Steinkohle und dem Petroleum, finden wir dem Kohlenstoff noch Wasserstoff zugesellt, als das ihm schon im Leben innigst verbundene Element. Doch nicht die Fähigkeit complicirte Verbindungen mit andern Elementen zu bilden allein, sondern noch mehr die Neigung dieser Verbindungen, sich mannigfach zu verwandeln, die Unbeständigkeit der Kohlenstoffverbindungen, eignet sie in unvergleichlicher Weise zur Hervorbringung unerhörter innerer Wechselwirkungen. Die heutigen Biologen neigen in der That am meisten dazu, den Lebensproceß gleich dem Feuer für einen chemischen Vorgang anzusehen, und seine Unterhaltung durch die große Zersetzbarkeit des Eiweißstoffes, der den Mittelpunkt der Lebensvorgänge darstellt, zu begründen. Löw und Bokorny haben in diesem Sinne besonders auf die große Beweglichkeit und Spannkraft der im lebenden Eiweiß enthaltenen Aldehydgruppe hingewiesen, und gezeigt, daß man in einer alkalischen Silberlösung ein chemisches Reagens des Lebens besitzt, durch welches lebende Eiweißstoffe, durch ihr freies Aldehyd, sich sofort von abgestorbenem Eiweiß, bei welchem eine Verschiebung dieser Molekulargruppe stattgefunden hat, unterscheiden läßt.

Um diesen chemischen Thätigkeiten im lebendigen Körper eine leichte Aufeinanderwirkung zu ermöglichen, bedarf es aber eines indifferenten Zwischenstoffes und Lösungsmittels, welches den Uebergang der Formen erleichtert, ein Vehikel des Lebens, das Wasser. Diese Mutterverbindung, deren Gestaltenreichthum wir in den Schneeflocken bewunderten, tritt auch als Formbestandtheil in viele Individuen der Krystallwelt ein, allein hier als ein durch chemische Anziehung fest gebundenes, die Starrheit der Form nicht lösendes Glied. In die organischen Körper dagegen wird ein Ueberfluß an Wasser aufgenommen, damit die Kohlenstoffverbindungen in demselben gleichsam schwimmen können und dadurch diejenige Beweglichkeit erhalten, welche der Umsetzung der Bestandtheile, dem Stoffwechsel, am

günstigsten ist. Es wird dadurch ein ungleichmäßiger, zwischen dem festen und flüssigen in der Mitte stehender Zustand gebildet, den man auch als die festflüssige oder weiche Körperform unterschieden hat. Jedes lebendige Wesen, sei es Pflanze oder Thier, besteht seinem größeren Theile nach aus dieser Flüssigkeit, welche in der unabsehbaren Schaar derselben, auch nicht ein einziges Mal durch ein anderes Zwischenmittel ersetzt werden konnte. Es giebt Gallertthiere und Gallertpflanzen, die kaum einige Procent fester Substanz in ihren durchscheinenden Organen aufweisen können, von denen aber doch die ersteren bedeutender Kraftentwicklung fähig sein können. So ist denn auch in den mythischen Grundanschauungen aller Völker das Wasser, der Ocean, die Gebärerin alles Seienden, aus dem, wie Thales von Milet lehrte, alle Dinge ihren Ursprung gezogen hätten. Es ist, als ob sich die ewigen Ideen, von denen Plato im Timäus spricht, in der lebenvermittelnden Flüssigkeit auflösten, um als Schöpfung in die Wirklichkeit zu treten, wie denn Plinius das Meer vom Sternenhimmel, dessen Bilder aus ihm wiederscheinen, besamen läßt. Dennoch bleibt es nur das formvermittelnde Element, und die Nachtmutter der Alten, in welcher alles Leben schlummert und träumt, ist für uns die Kohlensäure der Urwelt. In der Phantasie der Völker tritt dem Wasser gleichsam polarisch, das dem organischen Leben feindliche, zerstörende Prinzip des Feuers entgegen, von welchem mithin die Zerstörung der Welt erwartet wird.

Eine vom Wasser vollkommen durchdrungene Kohlenstoffverbindung würde also im einfachsten Falle einen lebenden Körper darstellen. Wir können die Unterschiede desselben von dem kohlenstofffreien Individuum am besten begreifen, wenn wir das Krystalloid mit dem Krystall vergleichen. Beide können die gleiche Grundform zeigen, und dennoch werden wir bei genauerer Betrachtung die erheblichsten Unterschiede finden. Im Krystall sind die kleinsten Theilchen wieder dem Ganzen gleiche Formelemente, die in starrer Unverrückbarkeit eine durchaus gleichmäßige Anordnung besitzen, wodurch, wie in einem Haufen aus Ziegelsteinen, eine Spaltbarkeit in bestimmten Richtungen vorgezeichnet wird. Beim Krystalloid sind die Theilchen der nicht festen, sondern festflüssigen Masse verschiebbar, und die Gestalt besitzt deshalb nicht die Unveränderlichkeit des Krystalls; sie kann sich nach äußeren Einflüssen verändern. Eine Haut dicht verbundener Theile schützt den Inhalt, aber diese Haut ist nicht undurchdringbar für die Flüssigkeit, in welcher sich das Krystalloid gebildet hat. Letzteres kann Theile derselben aufnehmen und vermöge des halbflüssigen Zustandes in sich vertheilen, es wächst dadurch und wölbt die Flächen, welche beim Krystall immer eben bleiben, empor, oder erscheint eingefallen, wenn es durch Verdunstung Feuchtigkeit verloren hat. Man könnte demnach von hohlwangigen und pausbäckigen Krystalloiden sprechen. Das Krystalloid wächst durch Aufnahme fremder Substanz in sein Inneres, der Krystall nur durch Ansatz an die Oberfläche. Obwohl auch beim Krystall, wie wir

an der Schneeflocke gesehen haben, der innere Bildungstrieb durch äußere Einflüsse in bestimmte Bahnen gelenkt werden kann, geschieht dieses doch nur insofern, als diese Einflüsse im Bildungsaugenblicke wirksam sind; beim Krystalloid ist vermöge seiner Aufnahmefähigkeit auch eine nachträgliche Einwirkung der äußern Verhältnisse denkbar. Das ist der wesentlichste und folgenreichste Unterschied zwischen den Gestalten der anorganischen und der Kohlenstoffwelt, denn ganz wie das Krystalloid verhält sich das Grundelement der organischen Welt, die Zelle, welche so lange sie kernlos ist, gradezu als ein Polyeder-Krystalloid, mit unendlich vielen Flächen betrachtet werden kann. Die Seele des Krystalls ist eine starre, diejenige der Zelle aber eine bildsame, und darauf gründet sich die Idee der Entwicklung, welche die moderne Weltanschauung belebt.

Wenn die ältere Chemie kühn und vertrauend an die Pflanzen- und Homunkulus-Fabrikation ging, so hat sich die neuere Wissenschaft nicht sowohl aus Bescheidenheit, als in Anerkennung des Entwicklungsgesetzes die Frage vorgelegt, ob nicht künstlich erzeugte Kohlenstoff-Verbindungen durch gewisse Veranstaltungen dazu gebracht werden könnten, freiwillig Formen anzunehmen, wie der Krystall in der Mutterlauge. Man nennt diese neue Wissenschaft „synthetische Morphologie" und verschiedene Naturforscher, wie Hanstein in Bonn, Traube in Breslau, Hartig in Utrecht, haben es dabei sowohl zur Erzeugung künstlicher Krystalloide, wie zu einer künstlichen Zelle gebracht, resp. gezeigt, daß die Vorgänge ursprünglicher Zellenbildung und Theilung auf rein mechanische Gesetze zurückführbar sind. Traube brachte es sogar zu einem Wachsthum seiner künstlichen, aus Leim und Gerbstoff gebildeten Zellen, in Folge der Einsaugung des Ernährungsstoffes durch die poröse Wandung, ganz wie bei der lebenden Zelle.

Hier, wo es uns nur darauf ankam, zu zeigen, daß die lebendige Welt dem Wesen nach nicht verschieden ist, von der für todt gehaltenen, daß der Kohlenstoff, der heute verbrennt, morgen von einer Gemüsepflanze aufgenommen, übermorgen im Blute des Menschen Gedanken bilden hilft, schon vorher diese Kraft im schlummernden Zustande, als „allgemeine Denkkraft der Materie", wie Spinoza es bezeichnete, besitzen mußte, möge zum Schlusse dieser Betrachtung noch eine Träumerei Platz finden. Leibniz, das Schöpfungsproblem wie eine mathematische Frage erwägend, glaubte gefunden zu haben, daß Gott von den möglichen Welten die beste verwirklicht habe, in der das Böse auf das geringste Maß zurückgeführt sei. Wie stellt sich die Chemie zu dieser Voraussetzung, daß es mehrere grundverschiedene Schöpfungen geben könne? Wir haben oben gesagt, daß alle organischen Verbindungen als Hauptbestandtheil Kohlenstoff enthalten, und daß dieser nie fehlende Bestandtheil ihre Angehörigkeit zum Reiche des Lebens bedinge.

Ein wichtiges chemisches Gesetz lehrt nun aber, daß die meisten Grundstoffe der Verbindungen durch andre von gleicher Werthigkeit ersetzt werden

können, ohne daß der Charakter der Verbindung dadurch im Wesentlichen verändert wird. Kalium, Natrium, Calcium, Silber u. s. w. können genau an die Stelle des Wasserstoffmetalles in eine Verbindung eintreten, weil alle gleichmäßig einwerthig sind, ebenso der zweiwerthige Schwefel an die Stelle eines Atomes Sauerstoffes, und der dreiwerthige Phosphor an diejenige des gleichwerthigen Stickstoffes, ohne daß die allgemeinen Eigenschaften der Verbindungen, in denen diese Ersatzwahlen vor sich gehen, dadurch verändert würden. Fragen wir nun weiter, ob, da alle übrigen Elemente ersetzbar scheinen, nicht auch der Kohlenstoff der organischen Körper durch andere Elemente ersetzt werden könnte, so bietet sich unter den übrigen vierwerthigen Elementen allerdings noch ein Stoff, dem man die nöthigen Fähigkeiten zutrauen könnte, nämlich der allverbreitete Kieselstoff, wie ich dieses Element statt Silicium hier nennen will. Man hat diesen Körper in der That als Ersatzmann des Kohlenstoffes in verschiedene Verbindungen, die in organischen Wesen vorkommen, oder aus ihnen dargestellt werden, eingeführt, man hat eine Kiesel-Ameisensäure, die keinen Kohlenstoff enthält, verschiedene Kiesel-Alkohole, Kiesel-Chloroform u. s. w. dargestellt. Es scheint sich also hier eine Aussicht und Gelegenheit zu eröffnen, den Kohlenstoff von seiner bisher behaupteten Alleinherrschaft im Reiche des Lebens abzusetzen, die Möglichkeit einer zweiten organischen Welt, einer Kieselschöpfung. Allein diese, so möglich sie auch selbst dem ernsten Chemiker erscheinen möchte, liegt unerweckt und unerschaffen, schlafend in den Kräften der Materie, und wir sehen hier wieder einmal das uns in der Natur so häufig entgegentretende Princip der Sparsamkeit walten, welche statt zweier möglichen Schöpfungen sich mit der Verwirklichung einer einzigen, der Kohlenstoffwelt begnügt hat.

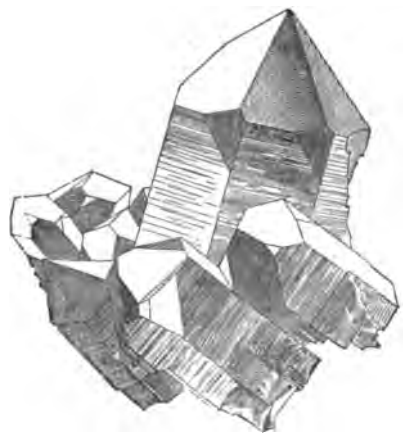


Fig. 58.
Bergkrystall

Der Kieselstoff gehört bekanntlich zu den allverbreitetsten Stoffen unseres Weltkörpers; er kommt aber, wie es wahrscheinlich vor dem Beginne des Lebens auch mit dem Kohlenstoff der Fall war, immer nur in der einen Form, seiner Verbindung mit Sauerstoff (Kieselsäure) vor. Dieselbe bildet im reinsten Zustande die größten Bürger der Krystallwelt, die oft centnerschweren Bergkrystalle (Fig. 58), welche in wunderbar anzuschauenden Krystallhöhlen schaarenweis gefunden werden, tritt außerdem aber in vielen Mineralien als Hauptbestandtheil auf, von dem edlen Topas und

Amethyst herab zum Achat und Chalcedon, bis zum gemeinen Quarz, Sandstein und der Lehmerde. Die Kieselsäure ist, wie man seit nicht gar zu langer Zeit weiß, der Kohlensäure unserer mousfirenden Getränke gleich zusammengesetzt, das vierwerthige Kieselstoffatom ist darin mit zwei Atomen des zweiwerthigen Sauerstoffs verbunden. Kohlensäure und Kieselsäure sind gemeinschaftlich in den meisten Quellwässern vorhanden, und zwar herrscht in den kalten Quellen die erstere, in den heißen vulkanischen Quellen, z. B. auf Island, die letztere vor; sie ertheilt den kleinen Wasserbecken Islands die schönste himmelblaue Farbe. Pflanzen und Thiere nehmen die Kieselsäure aus dem feuchten Boden auf, wie die Kohlensäure, aber die Zellenthätigkeit ist nicht im Stande, die erstere zu zersetzen und den Kieselstoff, wie den Kohlenstoff zum Weiterbau ihres Leibes und ihrer Organe zu verwenden; sie scheiden sie vielmehr aus ihren Säften beinahe unverändert in krystallinischer Form ab, um ihren Körpern dadurch Straffheit und Festigkeit zu verleihen oder Panzer gegen die Feinde des Lebens daraus zu bilden. Die Grashalme ganz besonders verdanken dem Reichthum ihres Gewebes an dazwischen gelagerter Kieselsäure die grade Haltung ihrer Aehren, und ein thurmhohes Gras der Tropen, das bekannte Bambusrohr, entführt dem Boden soviel Kieselsäure, daß es in seinen Höhlungen nußgroße Concretionen derselben, den von asiatischen Aerzten für heilkräftig angesehenen Tabaschir, abscheidet. Die Schafthalm-Arten unserer Wiesen und Wälder verdanken dem reichlichen Kieselgehalt ihrer Stengel die Fähigkeit, zum Abschleifen des Holzes und zum Poliren der Zinnkessel zu dienen, ja, manche Polir- und Putzpulver, sowie auch der feine Sand, auf welchem Berlin erbaut ist, bestehen größtentheils aus den Kieselpanzern vorweltlicher mikroskopischer Pflanzen und Thiere. Man sieht, die Kieselsäure bildet einen nicht unwichtigen Bestandtheil der Kohlenstoff-Lebewelt, namentlich der niedern, allein Thiere und Pflanzen können sie nur in der einzigen Form verwerthen, in der sie ihnen vom Boden geboten wird, weil sie nicht im Stande sind, dieselbe durch den Lebensproceß zu zersetzen und den Kieselstoff in andre Formen überzuführen, in denen er vielleicht ein ebenso brauchbares Baumaterial hergeben könnte, wie der Kohlenstoff. Denn so gut wie man Alkohol, Ameisensäure, Chloroform, Cyan und andre Verbindungen dargestellt hat, die an Stelle des Kohlenstoffs eine entsprechende Menge Kieselstoff enthalten, ebenso gut läßt sich auch eine Kiesel-Cellulose, Fleisch, Blut, Fett, Eiweiß und Nervensubstanz aus Kieselverbindung denken.

Wenn man die Fähigkeit gewisser Kohlenstoffverbindungen, die Polarisationsebene des Lichtes im Kreise herumzudrehen, als ein Privilegium oder wenigstens als Kriterium des lebensfähigen Stoffes bezeichnet hat, so zeigt der Kieselpanzer gewisser Protisten dieselbe Fähigkeit, aber sie ist bereits im Bergkrystall sichtbar, dem man nach jener nun freilich aufgegebenen Theorie einen organischen Ursprung zuschreiben müßte. Merkwürdig aber

bleibt es immerhin, daß ſich auch gegen den Lichtſtrahl, der die gehe imſten Molecular-Eigenthümlichkeiten der Stoffe zu Tage bringt, Kohlen- und Kieſelſtoff-Verbindungen ähnlich verhalten. Möglich, daß dem Kieſelſtoff, der in ſeinen Verbindungen ferner eine große Neigung zeigt, den feſtflüſſigen oder gallertartigen Zuſtand anzunehmen, gewiſſe Eigenſchaften mangeln, die zur Entfaltung des Lebens erforderlich ſind, möglich aber auch, daß nur die gegebenen Verhältniſſe unſeres Planeten ungeeignet waren, die Entwicklung einer Kieſelſtoff-Lebewelt zu fördern. Anzunehmen, alle Lebewelten der verſchiedenen Sonnen müßten beſchaffen ſein wie die unſrige, das wäre doch am Ende ebenſo einſeitig, als wenn wir glauben wollten, die letztere ſei nur unſertwegen erſchaffen worden. Und darum erſchien es mir, als keine unnütze Träumerei, vom chemiſchen Standpunkte daran zu erinnern, daß ſelbſt unſerm auf die Erfahrung beſchränkten Geiſte ſich die Möglichkeit einer zweiten, gewiß ganz verſchiedenen Lebewelt eröffnet. Vielleicht bietet ſich der Kieſelſtoff auf einem andern Weltkörper unter Bedingungen, welche die Zerſetzung und Verarbeitung der Kieſelſäure ermöglichen. Warum ſollte nicht irgendwo ein Kieſelgeſchlecht mit härteren Nerven zu denken ſein, welches vielleicht höhere Temperaturen mit der dem Salamander angedichteten Fähigkeit ertrüge? So ausſchweifend eine ſolche Vorausſetzung ſcheinen mag, wird man doch zugeben müſſen, daß ſie den Boden des logiſch Vorſtellbaren viel weniger verläßt, als manche phyſikaliſche oder philoſophiſche Hypotheſe. Weshalb denn ſollte die allmächtige Naturkraft nicht vermögend ſein, Verbindungen zu Stande zu bringen, welche die chemiſche Kunſt in's Daſein gerufen hat, ſie, die alltäglich ſolche Kohlenſtoff-Verbindungen zum Leben weckt, die bisher keine Kunſt im Stande war, nachzuahmen. Ein chemiſcher Traum, geneigter Leſer, nichts weiter!

IV.

Ursprung und Entwicklung des Erdlebens.

Ihr alle fühlt geheimes Wirken
Der ewig waltenden Natur
Und aus den untersten Bezirken
Schmiegt sich herauf lebend'ge Spur.

Faust, II. Theil.

Die schwierige Frage, woher das erste Leben auf unsern Erdball gelangt sei, hat gar mannigfache Beantwortungen erfahren, die alle mit der Thatsache, daß die Erde wie andere Gestirne auch ehemals ein Feuerball und Theil eines solchen gewesen sein muß, zu rechnen und sich hiermit auseinander zu setzen genöthigt waren. Zweierlei Gruppen von Antworten streiten um den Vorrang, die der bequemeren Annahme, daß das Leben ewig sei, wie die Materie, und die leichter faßliche, daß es zu einer bestimmten Zeit auf der hinreichend erkalteten Erdoberfläche entstanden, oder erschaffen worden sei, daß es mit andern Worten einen Anfang gehabt habe. Die Lehre von der Ewigkeit des Lebens hat der leider so früh verstorbene Physiologe Preyer am folgerichtigsten ausgebildet. Indem er den Grundsatz Harveys: „Alles Leben kommt aus einem Keim" (omne vivum ex ovo) zu dem Satze: „alles Leben stammt von einem Lebendigen" (omne vivum e vivo) erweiterte, sah er in seiner lebhaften Phantasie feuerbeständige Vorläufer und Urahnen unseres Lebensstoffes, des Protoplasmas, die schon im Gluthball der Urerde und Sonne gelebt hätten, ja er meinte sogar, diesen habe ein intensiveres Leben durchglüht, als wir es heute kennen, denn unsere heutige Erdoberfläche bestehe nur noch aus den Schlacken dieses früheren Lebens, wie die Kalkberge die Ausscheidungen unzähliger Lebensprocesse seien. Aehnlich hatte auch Pflüger schon 1872 geschlossen, das Leben entstamme dem Feuer und sei in seinen Grundbedingungen schon zu einer Zeit angelegt, in der die Erde noch ein glühender Feuerball war.

Diese Lösung erinnert mehr an den Versuch Alexanders, den gordischen Knoten zu durchhauen, als an eine wirkliche, den nüchternen Sinn befriedigende Erklärung. Viel mehr Beifall hat von ihrem ersten Hervortauchen an, die Lehre von den kosmischen Lebenskeimen (die kosmozoische

Hypothese) gefunden, die Hermann Eberhard Richter seit 1865 in mehreren Aufsätzen verbreitet hatte, die aber erst Aufsehen erregte, nachdem Sir William Thomson in England und Helmholtz in Deutschland unabhängig und gleichzeitig (1871) denselben Ausweg gefunden hatten, mit scheinbarer Umschiffung der Schöpfungs- und Selbstentstehungsannahme, das Erscheinen des Lebens auf der hinreichend abgekühlten Erde zu erklären. Diese Hypothese knüpfte an die von Wöhler und andern Chemikern festgestellte Thatsache an, daß man in den verglühenden Massen von Meteorsteinen zuweilen Kohlenstoffverbindungen antrifft, die den aus organischen Körpern stammenden entsprechen und daß das eigene Licht der Kometenköpfe ein Spektrum zeigt, welches dem des elektrischen Glimmlichtes in kohlenwasserstoffhaltigen Gasen ähnlich ist. Meteore und Kometen werden aber von vielen Astronomen als Weltkörper desselben Ranges angesehen und Helmholtz leitete gleich Richter und Thomson aus der Gegenwart des Lebenselementes auf ihnen das Recht her, zu fragen: „Ob diese Körper, die überall den Weltraum durchschwärmen, nicht auch Keime des Lebens ausstreuen, so oft irgendwo ein neuer Weltkörper fähig geworden ist, organischen Geschöpfen eine Wohnstätte zu gewähren? Und dieses Leben würden wir sogar vielleicht dem unsrigen im Keime verwandt halten dürfen, in so abweichenden Formen es sich auch den Zuständen seiner neuen Wohnstätte anpassen möchte".

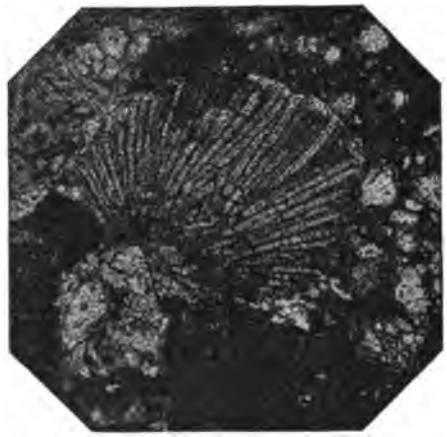


Fig. 59.
Angeblicher Haarstern eines Meteoriten-Dünnschliffs.
Nach C. Hahn, „Die Meteorite und ihre Organismen".

Diese von so ausgezeichneten Forschern ausgesprochenen Meinungen fanden einen weiten Widerhall und einen, wie man heute wohl sagen darf, unberechtigten Beifall. Tyndall begann von Wolken aus Krankheitskeimen zu phantasiren, welche ein Kometenschweif über die von ihm gefegte Erde verbreiten könnte, und ein geschickter Mikroskopiker Dr. Otto Hahn in Reutlingen entdeckte in Dünnschliffen von erdigen Meteorsteinen (Chondriten) Versteinerungen von Urthieren, Korallen und Stachelhäutern, die den unsrigen sehr ähnlich, nur meist sehr viel kleiner, gleichsam Miniaturbilder unserer Erdorganismen sein sollten, wie sie so winzigen Weltkörpern ziemten. Fig. 59 zeigt das Abbild eines solchen Dünnschliffes, auf welchem Hahn und seine Mitarbeiter, unter denen sich angesehene Botaniker und Zoologen befanden, einen Haarstern (Crinoid) mit Haupt- und Nebenarmen

zu erkennen glaubten. Es handelt sich in diesen, wie in den meisten ähnlichen Fällen offenbar um sogenannte Pseudo-Organismen, krystallinische und dendritische Figurationen, die dann von Stanislas Meunier bald auch künstlich nachgeahmt wurden. (Vgl. S. 126.) Wenn man annehmen dürfte, daß die Meteorsteine Trümmer eines größeren zersprengten Weltkörpers darstellen, so wäre das Vorkommen organischer Reste in denselben durchaus nicht undenkbar, schwieriger dagegen ist bereits die Vorstellung, daß Keime lebender Wesen die auf so kleinen Weltkörpern empfindliche Kälte des Weltraums und deren Erglühen in unserer Atmosphäre glücklich überstanden haben sollten. Aber auch wenn es möglich wäre, daß solche Keime im Innern der Meteore geschützt, oder gleich beim Eintritt in unsere Atmosphäre abgelöst, die Erde erreichen könnten, so hätte doch jene Annahme höchstens für die Frage nach dem Ursprung des irdischen Lebens, nicht aber des Lebens überhaupt Bedeutung. Soll damit nur der Anfang des Lebens auf eine erste Welt im Raume zurückgeschoben werden, so ist die Bemühung, vom philosophischen Standpunkte besehen, unnütz, denn was auf einer ersten Welt geschehen konnte, würde auch auf einer zweiten und dritten Welt möglich gewesen sein, gleichviel ob man sich für Annahme einer Schöpfung oder Selbstentstehung entscheidet. Der Idee mangelt daher gänzlich die Erhabenheit, welche ihre Urheber für sie in Anspruch nahmen und erinnert an die wilde Phantasie des Plinius, der das Weltmeer vom Sternenhimmel beseamt dachte.

Die Annahme, daß die ersten Bürger unseres Planeten, wie so manche Griechenstämme von sich rühmten, Autochthonen gewesen sein müssen, eigene Erzeugnisse des hinreichend zu ihrer Aufnahme erkalteten Erdballs, nicht aus irgend einem Winkel des Weltalls hergeregnete Keime, oder hierher, wie auf eine abgelegene Insel verbannte Schöpfungen der Willkür, diese Annahme ist ebenso sehr eine Forderung der Logik, als ein Folgeschluß der neueren Naturforschung. Die ältere Naturphilosophie hat sich, wie wir in dem ihr gewidmeten Kapitel sehen werden, wenig Kopfschmerzen darüber gemacht; sie nahm eine unmittelbare Selbstentstehung (Autogonie, Generatio aequivoca seu spontanea) auch der höhern Lebewesen als selbstverständlich an und noch Milton läßt den Vogel aus dem Wasser und den Löwen aus der Sandscholle der Wüste, unmittelbar aus den Elementen gebildet, emportauchen. Allmälig wurde dieser Proceß auf immer niedriger stehende Thiere und Pflanzen beschränkt. Hatten die alten Griechen und Römer und mit ihnen das gesammte Mittelalter noch geglaubt, daß die Insecten aus verwesenden Körpern — die Bienen aus Ochsenfleisch, das Ungeziefer aus Mist, die Eingeweidewürmer und Schmarotzer aus dem Fleische oder den Säften der befallenen Pflanzen oder Thiere — durch eine bloße Umwandlung (Plasmogonie) des schon vorhandenen organischen Stoffes entstünden, so nahm man im vorigen Jahrhundert dasselbe wenigstens noch von gewissen niedern Würmern und den Auf-

gußthierchen an, und der schottische Priester Turberville Needham fand 1743 seine Ansicht, daß die aus eingeweichtem, wenn auch Jahrzehnte altem gichtigem Weizen hervorkommenden Weizenälchen (Anguilulla Tritici) durch Urzeugung entstünden, sehr bibelgemäß, womit er den Beifall Buffons fand und den Spott Voltaires herausforderte.

Aber schon im XVII. Jahrhundert hatte Franciscus Redi nachgewiesen, daß die Keime niederer Thiere und Pflanzen, stets in Luft und Wasser gegenwärtig sind, jeden Augenblick bereit, sich in Flüssigkeiten, welche organische Nährstoffe enthalten, z. B. in Pflanzenaufgüssen, zu entwickeln und der Abbé Spallanzani zeigte bereits im vorigen Jahrhundert, daß in abgekochten Flüssigkeiten, die man nach dem keimtödtenden Kochen sogleich luftdicht verschlossen hat, um den Zutritt neuer Keime zu hindern, auch keine Aufgußthierchen entstehen. Derselbe Naturforscher hatte darauf hingewiesen, daß unter den scheinbar durch Selbstentstehung gebildeten Thieren sich viele solche befinden, die bei der Befeuchtung nur aufleben, nachdem sie viele Jahre lang völlig entwässert in Trockenstarre gelegen hatten. Hinsichtlich der Gährung und Fäulniß erzeugenden niederen Organismen sind noch in neuerer Zeit von dem Franzosen Onimus, dem Holländer Huizinga und dem Engländer Charlton Bastian viele Versuche angestellt und dicke Bücher geschrieben worden, welche die Selbstzeugung dieser Organismen beweisen sollten, aber Pasteur und Tyndall thaten durch eine Reihe äußerst sorgfältiger Untersuchungen dar, daß das scheinbare Gelingen solcher Versuche nur auf Fehlern der Methode beruhe, wenn auch freilich die größte Umsicht und Sauberkeit der Arbeit nöthig sind, alle Keime solcher niederen Organismen sicher auszuschließen, daß aber, wenn die Vorsichtsmaßregeln nicht gespart werden, in den organischen Stoffen weder Fäulniß- noch Gährungserreger auftreten.

Trotz dieser scheinbar völlig verneinend ausgefallenen Fragestellungen an die Natur haben eine Reihe berühmter Naturforscher, die von der Thatsache ausgehen, daß das Leben des Erdballs nachweislich von niederen zu höheren Formen fortgeschritten ist: Haeckel, du Bois-Reymond, Nägeli und zeitweise selbst Virchow gefolgert, daß man einen Anfang bei allerniedersten Formen suchen müsse und daß der nächstliegende logische Schluß auf eine Selbstentstehung derselben aus unorganischer Materie hinweise. Natürlich könne man eine solche nur bei den allereinfachsten Gliedern der Wesenkette erwarten, nicht bei vergleichsweise so hoch entwickelten Thieren wie Infusorien und Würmern. Auch aus den Versuchen über die Entstehung von Gährungs- und Fäulnißerregern in todten organischen Massen leuchtet nichts als ein Mißverstehen des gesammten Problems heraus. Sie sind nichts als ein verspäteter Nachklang jener alten scholastischen Lehre von der Selbstzeugung lebender Wesen durch Fäulniß (Putrefaktion) und Verwesung organischer Körper, die einzig aus mißdeuteten Beobachtungen hergeleitet war. Damit solche Wesen leben konnten, mußte bereits in der Urwelt

organische Materie vorhanden sein; sie konnten erst später den Schauplatz betreten, nachdem Wesen, die unmittelbar von den einfachsten Kohlenstoffverbindungen zu leben vermochten, in ihren Leichen Vorräthe für sie aufgespeichert hatten. Die ersten organischen Wesen können somit nur solche gewesen sein, welche im Stande waren, wie noch heute die Pflanzen, unmittelbar unter dem Einflusse des Lichtes und der Wärme von den vorhandenen unorganischen Substanzen zu leben.

Die große Frage nach dem Ursprunge des Lebens müssen wir demnach vorläufig, ebenso wie die nach dem Ursprunge der Materie, den Gebieten des Glaubens überlassen; wir können nur Meinungen und Wahrscheinlichkeiten andeuten. Es ist nicht leicht, befriedigend zu erläutern, worin das Leben besteht, und wodurch es sich vom Unbelebten unterscheidet. Einiges Hierhergehörige wurde schon oben (S. 132) ausgeführt. Nachdem die Mehrzahl der Naturforscher sich gegen die frühere Annahme einer besonderen Lebenskraft, die schließlich bei der Verschiedenheit der Lebensvorgänge, auch bald im Stiche läßt, ausgesprochen hat, betrachtet man heute die Lebenserscheinungen, die in Aneignung (Assimilation), Umbildung und Verbrennung kohlenstoffhaltiger Verbindungen bei der Athmung bestehen, als einen unter unbekannten ursprünglichen Bedingungen eingeleiteten chemisch-physikalischen Proceß, innerhalb dessen durch Aneignung äußerer Stoffe, und in beständiger Anregung durch äußere physikalische Kräfte, Spannkräfte gewonnen werden, welche die Fortdauer dieses Processes sichern. Da das Leben auf der beständigen Wechselwirkung mit der Außenwelt beruht, so bleibt es nichts unveränderlich Gegebenes, sondern zeigt unter Aufgabe jeder specifischen Form eine Anpassungs- und Entwicklungsfähigkeit, wie sie nur einem zu einer gewissen Zeit begonnenen und noch heute fortschreitenden Processe zugeschrieben werden kann. Im einfachsten Falle sehen wir diese Vorgänge bei den sogenannten Urwesen (Protisten), von denen das nächste Kapitel handeln wird, in einem Leibe aus halbflüssiger eiweißartiger Substanz, dem Urbildungsstoffe oder Protoplasma, sich abspielen, in einem höchst einfachen Körper ohne äußere Organe; gleichwohl dürfen wir nach dem allgemeinen Gesetzen des Werdens annehmen, daß diesen Wesen und ihrem Lebensstoffe noch einfachere voraufgegangen sein müssen, die vielleicht in den stärksten Instrumenten unsichtbar sind, die von Nägeli sogenannten Probien, deren Lebensäußerungen uns vielleicht nur noch als chemisches Leben erscheinen würden.

Wir kennen schon lange eine Anzahl eiweißartiger, wasserlöslicher Stoffe, die sogenannten Enzyme oder ungeformten Fermente, welche ganz ähnlich wie die als Hefe- und Spaltpilze (Bacterien) bezeichneten organisirten Fermente, aber, ohne sich in den organischen Flüssigkeiten oder Lösungen zu vermehren, dieselben in Gährung versetzen und bestimmte Stoffe von ihnen abspalten, also die Lebensprocesse der geformten Gährungserreger hierbei ersetzen. Nach der gewöhnlichen Auffassung würde man diese

formlosen Körper als leblos bezeichnen, aber sie haben noch andre sehr merkwürdige Eigenschaften mit jenen lebendigen Gährungserregern gemein, die für einen „leblosen" chemischen Körper zum mindesten als höchst sonderbar bezeichnet werden müßten. Erhitzt man nämlich die Auflösungen der Enzyme auf 60 bis 100°, so werden sie ebenso wie die organisirten Fermentwesen unwirksam, als wären sie getödtet und abgestorben. Ebenso werden sie durch Alkohol, Sublimat, Salicylsäure, Thymol und andere Stoffe, mit denen wir den Bacterien und sonstigen Zersetzungs- und Krankheitserregern zu Leibe gehen, unwirksam gemacht (getödtet), und da chemisch so verschiedene Körper, die wir als Bacteriengifte und Desinficirmittel kennen, in ganz ähnlicher Weise auf Enzyme wirken, so werden wir auf eine Analogie des Wesens und Wirkens beider schließen müssen, da wir nun auch lebende und todte Enzyme kennen. Die neuen Versuche Buchners, aus den Gährungs-Organismen einen Preßsaft zu gewinnen, der nach dem Filtriren noch ebenso die Zersetzungen einleitet, wie die Hefezellen selbst, schließen sich hier an und führen uns eine untere Stufe von Lebensprocessen, eine Art chemischen Lebens vor, die durch kein Mikroskop zu entdecken wäre.

Daß es uns bisher nicht gelungen ist, einen wirklichen elternlosen Anfang von organisirtem Leben zu beobachten, darf nicht als Beweis gegen die Möglichkeit eines solchen angeführt werden. Vielleicht werden wir diesen Proceß niemals unmittelbar beobachten können, da wir eben nicht im Stande sein mögen, die Bedingungen, unter welchen er ursprünglich vor sich gegangen ist, wieder zu erneuern. Vielleicht wiederholt sich der Vorgang des Lebensursprungs noch heute in der Meerestiefe, denn aus ihr hat die neuere Naturforschung Wesen an's Licht gebracht, so einfach gebildet, daß wir noch einfachere überhaupt nicht vorzustellen im Stande sind. Die ältesten Bewohner der Welt mögen ihnen in ihrer Erscheinung, wenn auch vielleicht nicht in der Art ihrer Nahrungsaufnahme geglichen haben. Vielleicht enthielten schon die heißen Gewässer der Urzeit lebende Wesen, die sich in ihnen gebildet hatten und vielleicht war gerade die höhere Wärme der damaligen Gewässer eine ihre Entstehung begünstigende Bedingung, wie wir noch heute in heißen Mineralquellen, deren Temperatur die meisten höheren Wesen tödten würde, zahlreiche niedere Algen und Spaltpilze lustig gedeihen sehen. Die Oscillatorien fühlen sich in Wässern von bis zu 60° C wohl, und im Yellowstone Park leben Conferva major und Phormidium laminosum in Wässern von 74° und 75,5° C. Wir ersehen schon daraus, wie verschieden die Lebensträger, als welche wir die Eiweißstoffe der Thiere und Pflanzen betrachten müssen, in ihren Ansprüchen an die äußeren Lebensbedingungen sind, denn während das Eiweiß der höheren Organismen schon bei 72 bis 73° gerinnt und dadurch ein sicheres Absterben derselben bewirkt, sehen wir hier Organismen bis zu 80° beständige Durchwärmung vertragen, und das Eiweiß der oben erwähnten Enzyme gerinnt bei Erhitzung überhaupt nicht mehr.

Ueberhaupt ist es eine sehr nachdenkliche Erscheinung, wahrzunehmen, wie sehr viel zäher das Leben der niedern Organismen ist, als das der tiefer empfindenden, aber dafür auch desto empfindlicheren fortgeschritteneren Wesen und diese Thatsache, welche den Glauben an die Möglichkeit der freiwilligen Entstehung selbst höher in der Entwicklungsreihe stehender Organismen lange Zeit aufrecht erhalten hat, verdient an dieser Stelle eine etwas eingehendere Betrachtung. Im Februar 1702 theilte der Entdecker der soge-

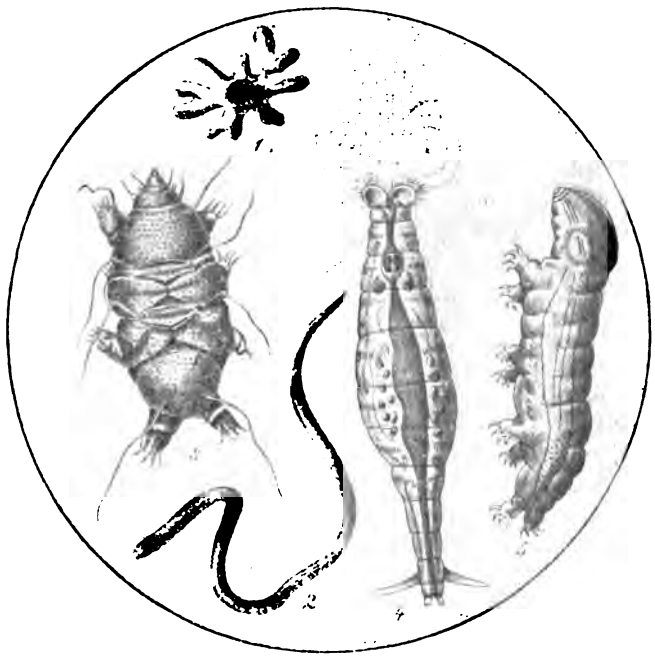


Fig. 60.
Im Wasser auflebende Kleinthiere.
1. Amöbe. 2. Weizenälchen. 3. Schildkrötenthierchen (Emydium Testudo). 4. Räderthierchen. 5. Bärenthierchen. Sämmtlich stark vergrößert.

nannten Infusionsthierchen Antony van Leeuwenhoek aus Delfft mit, daß er Staub aus einer Dachrinne, in der er früher Infusionsthierchen entdeckt hatte, 5 Monate lang trocken aufgehoben, und nach der Befeuchtung mit abgekochtem Regenwasser schon nach einer Viertelstunde mit einzelnen, sich bald vermehrenden Räderthierchen erfüllt gefunden habe, die also durch die Befeuchtung aus einem längeren Trockenschlaf erwacht sein müßten. Diese durch den Entdecker ganz richtig gedeutete Wahrnehmung bildete den Anfang einer Reihe ähnlicher Beobachtungen, die oftmals, wie in dem vorhin erwähnten Needham'schen Falle, zu ganz falschen Auffassungen bezüglich einer Selbstentstehung solcher Wesen führte. Buffon, dem Needham

seine aus dem Trockenschlaf erwachenden Weizenälchen gezeigt hatte, leitete daraus um die Mitte des vorigen Jahrhunderts mit Zuhilfenahme der Cartesianischen Philosophie eine wundersame Theorie von der Zusammenfügung lebender Molekel zu sogenannten Models ab und verglich die Weizenälchen „kleinen Maschinen, die in Bewegung gerathen, sobald sie ins Wasser gesetzt werden," und die man getrocknet aufheben, „sterben und aufleben lassen kann, so oft man will." Heinrich Baker sah thatsächlich 1771 aus gichtigem Weizen, den ihm Needham vor 27 Jahren gegeben und der seitdem trocken gelegen hatte, zahllose lebende Älchen hervorkommen.

Diese Versuche wurden sodann namentlich von zwei ausgezeichneten italienischen Physiologen des vorigen Jahrhunderts, Felix Fontana und Lazarus Spallanzani fortgesetzt. Der Erstere bewies zunächst dem Genfer Philosophen Bonnet gegenüber, der es bezweifelt hatte, daß die Weizenälchen überhaupt lebende Thiere seien, die Nichtigkeit dieses Einwurfs und zeigte darauf andern Zweiflern gegenüber, daß solche ausgetrockneten Thiere sicherlich vollkommen leblos sein müßten, da sie bei unsanfter Berührung in Pulver zerfallen, und daß sie gleichwohl ihre Fähigkeit, wieder aufzuleben, nicht eingebüßt hätten. Der Abbé Spallanzani fügte seinem 1776 erschienenen Werke über „Thier- und Pflanzen-Physik" ein über 100 Seiten umfassendes Kapitel „über die erstaunlichen Thiere, welche man nach Belieben vom Tode zum Leben übergehen lassen kann" bei, entdeckte diese Fähigkeit auch bei den Bären- und Schildkröten-Thierchen, einer Gruppe niederer Milben (Spinnenthiere), von denen wir einzelne Vertreter, nebst Räderthierchen, Weizenälchen und Amöbe in Fig. 60 abgebildet sehen. Es gelang ihm, wie er erzählt, dieselben Räderthierchen elfmal nach dem Trocknen neu zu beleben, obwohl er sie im trocknen Zustande bedeutenden, Hitzegraden und im feuchten bedeutender Kälte (— 19°) ausgesetzt hatte, und er schildert mit Entzücken das wundersame Schauspiel, wenn der zierliche die Mundöffnung der Räderthiere umgebende Wimperkranz plötzlich nach langem Stillstande wieder in Bewegung geräth und ein paar schnell kreisenden Rädern gleichend, dem Munde frisches Wasser und Nahrung zuführt. Er hielt diese Thiere übrigens logischer Weise nicht für todt, sondern nur für schlafend und betrachtete ihre Fähigkeit zu erwachen, als einen von dem Schöpfer solchen Thieren, die lange Trockenheitsperioden zu überwinden hätten, verliehenen Vorzug; sie könnten einen Sommerschlaf halten und daraus erwachen, wie andre Thiere aus ihrem Winterschlaf erwachen.

Diese Deutung war offenbar ziemlich richtig, denn wir können uns leicht überzeugen, wie vollkommen jene Unempfindlichkeit der Infusorien, Bärenthierchen u. s. w. gegen Hitze, Kälte und Trockenheit ihrer gesammten Lebensweise entspricht. Man trifft sie nämlich an Moosen und Flechten nicht blos auf Hausdächern, sondern auf Felsen und Gesteinen bis zu den höchsten Alpengipfeln hinauf. Ehrenberg fand Bärenthierchen in Moorserde, die in einer Höhe von 11000 Fuß am Monte Rosa gesammelt

worden war, und Greeff entdeckte hoch oben am Pic von Teneriffa auf Felsen, die fast das ganze Jahr von Schnee und Eis bedeckt sind, die nämlichen Formen, wie unten am Fuße auf den Krustenflechten der Steine, die in der glühenden Sonne so heiß werden, daß man sie kaum anfassen kann. Aber dieselben Formen finden sich in der ganzen Welt vom Pol bis zum Aequator, da die zur Kugel geballten trocknen Körper mit den Staubstürmen überallhin geführt werden und allerwärts da aufleben, wo eine kurze Jahreszeit der Feuchtigkeit und Wärme eintritt, wenn sie auch durch lange Pausen von Trockenheit oder Kälte unterbrochen werden sollte. Auf den Bergspitzen der Polarländer währen diese Schlummerpausen sicherlich vielfach 9 Monate im Jahre. Aehnliches gilt von den kleinen Fadenwürmern (Nematoden), zu denen die Weizenälchen gehören; sie sind oftmals unter gleichen Kälte- und Dürre-Verhältnissen die Begleiter der Räder- und Bärenthierchen, und auch kleine Wurzelfüßler (Amöben) gehören nach Greeffs Beobachtung zu jenen immer neu auflebenden Wesen, die man als Gelegenheits- oder Unterbrechungs-Lebewesen bezeichnen könnte, weil sie ihren Lebensweg mit beliebigen, in ihrer Länge von äußern Umständen bestimmten Unterbrechungen zurücklegen können.

Diese pausirenden Lebewesen sind für die philosophische Auffassung des Lebens von einem besondern Interesse und hinsichtlich der Deutung der von ihnen dargebotenen außerordentlichen Erscheinungen theilten sich Zoologen und Physiologen früh in zwei sich bekämpfende Lager, die man scherzhaft als Auferstehungsgläubige (Resurrektionisten) und Auferstehungsläugner (Antiresurrektionisten) bezeichnete. Zu den letzteren gehörten zwei der ausgezeichnetsten Kleinthierforscher: Bory de Saint Vincent und Ehrenberg. Der Berliner Infusorienforscher behauptete mit dem ganzen an seine Autorität sich knüpfenden Nachdruck, das Gerede von dem Wiederaufleben beruhe auf Mißverständniß und Selbsttäuschung der betreffenden Forscher. Allerdings erschienen auch im künstlich nachgetrockneten Staube der Dachrinnen bei der Anfeuchtung alsbald lebende Räder- und Bärenthierchen, aber dies seien keineswegs die alten eingetrockneten Thiere, sondern deren Junge, die dann frisch aus Dauereiern ausgeschlüpft seien und sich mit der bekannten Entwicklungsschnelligkeit dieser Thiere auswüchsen. Der Greifswalder Zoologe Sigismund Schultze († 1877), der mit Anspielung auf Hufelands Makrobiotik oder Kunst das menschliche Leben zu verlängern, eine noch unbeschriebene Art von Bärenthierchen, die nach vierjährigem Trockenschlaf 1834 vor seinen Augen erwacht war, Macrobiotus Hufelandii getauft hatte, und später Professor Doyère in Versailles zeigten dagegen, daß Leeuwenhoek und Spallanzani mit vollem Rechte von einem Wiederaufleben gesprochen hatten. Doyère war, bevor er sich in diesem Sinne entschied, den Inhabern dieser stärkeren Lebenskraft mit sehr energischen Mitteln zu Leibe gegangen. Er erhitzte trockne Bärenthierchen auf 125 Grad, Räderthierchen sogar auf 153 Grad, trocknete sie

über Schwefelsäure unter der Luftpumpenglocke, ließ sie 4 Wochen im Vacuum und brachte sie dennoch wieder zum Leben.

Obwohl diese von Schultze (1834—1838) und Doyère (1840 bis 1842) angestellten Versuche eigentlich keinen Zweifel mehr an der Richtigkeit der Behauptungen aufkommen ließen, entbrannte der Streit bald von Neuem und noch heftiger als zuvor; er wüthete, da man das Problem unnützer Weise mit der Frage verknüpft hatte, ob es eine besondere Lebenskraft und Selbstentstehung gebe, doppelt so lange wie der Trojanische Krieg, nämlich bis 1859, in welchem Jahre die Pariser Biologische Gesellschaft einen Ausschuß ernannte, der Doyères Angaben unparteiisch prüfen sollte, einen Gerichtshof, in welchem sich eine Anzahl der ausgezeichnetsten Physiologen und Biologen Frankreichs, unter andern Balbiani, Berthelot, Broca, Brown-Séquard, Dareste, Guillemin, Pouchet und Robin befanden Nach dem von Broca erstatteten Bericht der Kommission wurden nicht nur die früheren Angaben bestätigt, sondern sogar Räderthierchen, die sich 82 Tage lang in trockner Luftpumpenleere befunden hatten und dann noch einer trocknen Hitze von 100 Grad ausgesetzt worden waren, also sicherlich vollkommen ausgetrocknet waren, neu zum Leben gebracht. Gleichwohl meldeten sich immer von Neuem Zweifler. Die Versuche mit Weizenälchen wurden 1886 von Davaine und 1890 von Prillieux wiederholt, und es zeigte sich, daß nicht den Geschlechtsthieren, sondern den unreifen Larven jene Lebenszähigkeit zukommt, die sie befähigt, noch aus Jahrzehnte altem gichtigen Weizen ins Leben zurückzukehren. Davaine überzeugte sich überdem, daß diese Larven auch gegen Gifte nahezu unempfindlich sind. In gesättigten Auflösungen von Morphium-, Atropin-, Strychnin- und Curaresalzen, die den Menschen und alle höhern Wirbelthiere binnen wenigen Minuten tödten, wenn sie in geringer Menge ihrem Kreislauf einverleibt werden, lebten diese Thiere vierzehn Tage lang vergnügt weiter, ebenso wie die den Weizenälchen nahe verwandten Essigälchen im schärfsten Essig sich wohlbefinden.

Die Versuche mit Räder- und Bärenthierchen wurden neuerdings (1893—95) mit besonderer Vorsicht von Denis Lance wiederholt, der die Thiere auf den Moospolstern selbst eintrocknen ließ, sie dann Temperaturen über 100 Grad aussetzte, und bestimmte, vorher ins Auge gefaßte Exemplare unter dem Mikroskope wieder zum Leben kommen sah. Auch bei gewissen niedern Krebsen, namentlich aus den Gruppen der Ruderfüßler (Copepoden) und Muschelkrebse (Ostracoden) hatte man seit langer Zeit ein Wiederbelebungsvermögen beobachtet. Sie erscheinen im Frühjahr plötzlich massenhaft in kleinen Lachen, die während des Sommers vollkommen austrocknen, aber auch hier wogte der Streit, ob die neu erscheinenden Krebschen sämmtlich aus Eiern kämen, oder ob wirklich auch ältere eingetrocknete Krebse neu belebt würden. In jüngster Zeit (1895) machte Professor C. Claus in Wien nach dieser Richtung hin eine ent-

scheidende Beobachtung. Er besaß 10 Jahre alte Proben eingetrockneten Schlammes aus an solchen niedern Krebsen reichen Wasserlachen, die nach einer Befeuchtung mit destillirtem Wasser binnen 2—3 Tagen lebende Ruderfüßler (Copepoden) in verschiedenen Entwicklungsstufen und zwar sowohl Cyclopen (Fig. 61), die nach dem unpaarigen Auge auf der Mitte ihrer Stirn diesen Namen empfangen haben, als auch Diaptomen. Wenn diese Thiere sich aus Eiern entwickeln, so erscheinen sie zunächst als schwanzlose, sogenannte Nauplius-Larve (b), bei welcher der aus vielen Ringen bestehende Hinterleib oder Krebsschwanz noch fehlt, und dann allmälig unter wiederholten Häutungen hervorsproßt, so daß man nach dem ersten Larvenstadium ohne Hinterleibsring (Nauplius) ein zweites, drittes u. s. w. Cyclopiden-Stadium mit 1, 2, 3 u. s. w. Hinterleibsringen unterscheidet, bis sämmtliche Hinterleibsringe, wie sie dem vollkommenen Thiere zukommen, vorhanden sind. Erst dann werden die Thiere geschlechtsreif, und die Weibchen erscheinen mit den beiden großen Eierpacketen am Hinterleibe. Obwohl dieser Entwicklungsvorgang viele Tage erfordert, bemerkte Claus in einem Aufgusse seiner Schlammproben schon nach 4 Tagen neben Larven aller Stadien 6 geschlechtsreife Weibchen (Fig. 61a), von denen zwei noch mit Schlammtheilen behaftete Reste zerfallener Eierpackete erkennen ließen, die aus ihrer vorigen, vor zehn Jahren abgeschlossenen Brutperiode herrührten. Die neuen Eierpackete waren frisch gebildet und noch unbefruchtet, so daß kein Zweifel an dem mindestens zehnjährigen Alter dieser Weibchen aufkommen konnte. Auch die in fortgeschrittneren Stufen befindlichen Cyclopiden-Larven entstammten zweifellos jenem vorigen, durch einen langen Zwischenraum getrennten Lebensabschnitt, während dessen so viele Generationen ihrer Verwandten dahingegangen waren, so daß solche Thiere den Siebenschläfern der Legende gleichen, die nach einem langen Zeitraum ins wache Leben zurückkehrend, keinen ihrer Kindheitsgenossen mehr am Leben finden. Neben diesen vorgeschrittenen Larven und erwachsenen Thieren fanden sich indessen auch zahlreiche ganz junge Larven, die eben erst ihren Eiern entschlüpft sein konnten, und sich nach dem Auswachsen durchweg als einer andern Ruderfüßlergattung (Diaptomus) angehörig erwiesen, so daß gleichzeitig die Beweise vorlagen, daß manche Copepoden längere Trockenheitsperioden als Larven und geschlechtsreife Thiere, andre nur in Eierform überdauern.

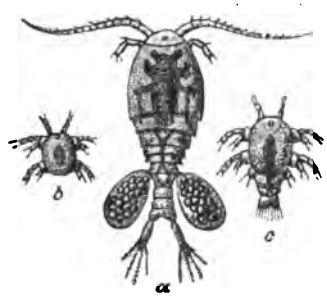


Fig. 61.
Cyclops.
a) Weibchen mit Eierpacketen, b) Larve desselben im ersten Stadium (Nauplius), c) Larve im vierten Stadium (Cyclopid); das erwachsene Thier zehnfach, die Larven mehr als hundertfach vergrößert.

Im Pflanzenreiche vollzieht sich ein ähnliches Wiederaufleben in unscheinbarer Form fortwährend bei unzähligen Luftalgen, Flechten und Moosen, welche Baumrinden und Baumzweige, Zäune, Mauern, Felsen und Steine aller Länder bekleiden. In der dürren und heißen Jahreszeit trocknen sie zusammen, werden bis zum Verschwinden unscheinbar und Niemand vermuthet dann in diesen trocknen, mißfarbigen und bröckligen Krusten Leben. Aber kaum setzen die ersten Niederschläge der feuchten Jahreszeit ein, so schwillt ihr Gewebe auf; sie prangen in frischen gelben, röthlichen und grünen Farbentönen und treiben Blüthen und Früchte, d. h. was man bei diesen niedern Pflanzen so nennt. Auch einzelne bedeutend höher stehende Gewächse, wie Farnkräuter, Igelfarne (Isoëtes-Arten) und Bärlappgewächse (Lycopodiaceen) besitzen diese Fähigkeit des Wiederauflebens in bemerkenswerthem Grade. Der südeuropäische, aber schon an den Mauern mehrerer Nahe- und Moselburgen vorkommende schöne Milzfarn (Ceterach officinarum) sieht in seiner Trockenzeit wie ein kleines erstarrtes Vögelchen aus, da die Unterseiten der über die Stengelspitze zusammengebeugten Wedel dicht mit gefiederartigen bräunlichen Schuppen besetzt sind. Befeuchtet breitet er die frischgrünen Wedel wieder zur Rosette aus und Professor Daubeny in Oxford sah eingepflanzte Stöcke weiter wachsen, nachdem sie schon mehrere Jahre im Herbar gesteckt hatten, ja Professor Bert konnte Milzfarne, die er mit der sogleich zu erwähnenden amerikanischen Auferstehungspflanze längere Zeit einer Hitze von 60 Grad ausgesetzt hatte, zum Weiterwachsen bringen.

Fig. 62.
Die kalifornische Auferstehungspflanze (Selaginella lepidophylla) geschlossen.

An den steilen Felswänden der Cordilleren wachsen von Californien bis nach Peru die Auferstehungspflanzen (Selaginella rediviva, lepidophylla, convoluta u. s. w.), schmucke Bärlappgewächse, die man auch

Steinblumen (Flores de Paña) und Immergrün (Siempre vive) nennt, die sich in der trocknen Jahreszeit zu kugelförmigen Ballen (Fig. 62) zusammenschließen, so daß kein Mensch in diesen bräunlichen Knollen der Felswände eine lebende Pflanze erkennen würde. Aber sobald ein Platzregen fällt, rollen sich die Aestchen, deren Spitzen wie Bischofstäbe an der Spitze nach innen eingerollt sind, so daß man nur die röthliche oder graugrüne Unterseite des Laubes sieht, auf, und die eben noch kahle und ein-

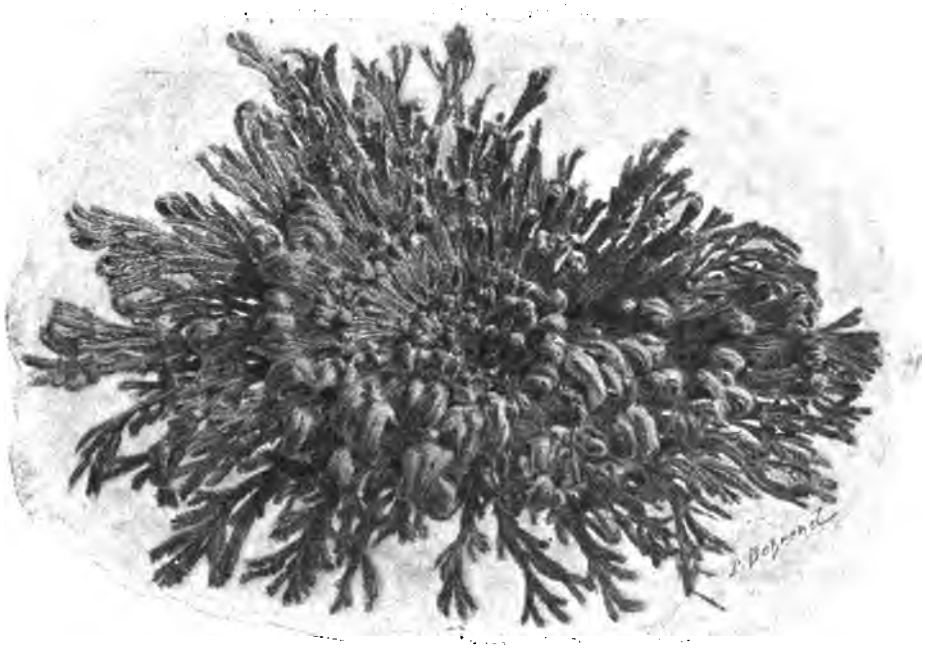


Fig. 63.
Die kalifornische Auferstehungspflanze (Selaginella lepidophylla) ausgebreitet.

farbige Felswand schmückt sich mit handgroßen, smaragdgrünen Rosetten von prächtigstem Anblick (Fig. 63). Da diese runden Ballen von der Größe einer kleinen Faust jetzt in den Handel kommen, so kann man die Ausbreitung und das Ergrünen binnen 10 bis 20 Minuten leicht im Zimmer an der in Wasser gelegten Pflanze beobachten. Sie unterscheidet sich von der bekannten Rose von Jericho, unter deren Namen sie häufig verkauft wird, dadurch, daß diese völlig trocknen Ballen ihre Lebensfähigkeit jahrelang bewahren und in Erde gesetzt, wirklich weiter wachsen. Wojinowic pflanzte eine Anzahl seit 2 Jahren im Breslauer botanischen Museum trocken bewahrter Pflanzen in Töpfe mit feuchter Erde und sah sie sämmtlich schon nach 10—12 Tagen neue Triebe und Fruchtästchen entwickeln. Die

französischen Naturforscher Bert und Bureau hatten sich schon 1868 überzeugt, daß man die trockne Pflanze längere Zeit auf 60 Grad und darüber erhitzen kann, ohne daß sie ihr Vermögen, bei späterer Anfeuchtung wieder aufzuleben, einbüßt.

Die philosophische Seite dieser Lebensunterbrechungen ist in neuerer Zeit namentlich von Preyer studirt worden, der mit zahlreichen Wasserthieren Versuche anstellte, die er zu einem steinharten Klumpen frieren ließ, und dann durch vorsichtiges allmäliges Aufthauen fast regelmäßig wieder zum Leben brachte. Ein englischer Arzt Henry Power († 1673) hatte schon vor mehr als 200 Jahren bemerkt, daß man die sogenannten Essigälchen (Anguillula aceti) wiederholt einfrieren und wieder aufthauen lassen könne, ohne ihnen das geringste von ihrer großen Munterkeit zu nehmen. Der Nordpolfahrer John Franklin hatte dieselbe Lebenszähigkeit an hartgefrorenen Seefischen bemerkt, Romanes bestätigte das Wiederaufleben bei hartgefrorenen Quallen, Preyer erzielte dasselbe außer bei Fischen auch bei Fröschen und andern Amphibien. Er schloß aus seinen Versuchen, daß solche hartgefrorenen Thiere gerade so, wie die in Trockenstarre (Anhydrobiose) befindlichen, weder als todt noch als lebendig zu bezeichnen seien; der Lebensproceß sei bei ihnen zwar zwangsweise zum völligen Stillstand gebracht worden, aber bei einer genügend guten Erhaltung der Organisation wieder in Gang zu bringen. Man müsse solche Thiere und Pflanzen demnach weder als lebendige, noch als todte, sondern als wiederbelebungsfähige (anabiotische) bezeichnen. W. Kochs, Denis Lance u. A. sind dieser Auffassung (1890—1895) mit der Behauptung entgegengetreten, im innersten Leibe solcher ausgetrockneten oder gefrorenen Thiere und Pflanzen müsse immer noch ein schwacher Ueberrest des Lebens, eine minimale Athmung und Säftebewegung, wie beim Scheintode im Gange bleiben, die sich nachher beim Wegfall der Hemmnisse wieder erweitern können; wenn jedoch die Maschine einmal zum vollständigen Stillstande gelangt sei, könne sie durch Einwirkung bloßer Lebensreize, wie Sauerstoff, Feuchtigkeit, Wärme u. s. w. nimmermehr wieder in Gang gebracht werden.

Es ist klar, daß es bei solchen Principienstreitigkeiten vor völliger Niederwerfung des Gegners keinen Frieden giebt. Diejenigen, welche an einer besonderen Lebenskraft festhalten, werden niemals zugeben, daß ein in völligen Ruhestand versetzter Organismus, sei er auch fehlerfrei erhalten, wieder, wie eine stehen gebliebene Uhr, neu in Gang gebracht werden könne; die Anhänger der mechanischen Lebensauffassung weisen im Gegentheil darauf hin, daß ein organischer Fehler oder ein äußerliches Hinderniß die Lebensuhr zum Stillstand bringt; möge die Lebenskraft des Organismus noch so groß angeschlagen werden. Es giebt aber dennoch Zustände im Leben der Organismen, in denen sie von einer ruhenden Maschine kaum mehr zu unterscheiden sind. Wir meinen die Samen der Pflanzen und

die Eier der Thiere in ihrer Ruhezeit. Seit lange wissen wir, daß die Samen der Pflanzen, ebenso wie die Eier der niedersten Lebewesen, eine außerordentliche Dauerbarkeit besitzen. Möge die verbreitete Erzählung, daß man ägyptischen Mumienweizen und andre Sämereien aus altägyptischen Sarkophagen noch in unsern Tagen zum Keimen gebracht habe, auch sicher auf Betrug und Täuschung zurückzuführen sein, so besitzen wir doch glaubwürdige Berichte, nach denen Maiskörner aus Inkagräbern und Sämereien aus römischen Gräbern wirkliche Keimpflanzen geliefert haben. Botaniker von Ruf haben sich überzeugt, daß Samen, die viele Jahrzehnte, ja über hundert Jahre in Herbarien und Sammlungen gelagert hatten, neu zum Keimen gebracht werden konnten. In tiefe Erde gerathene Samen bewahren besonders lange ihre Keimkraft und schon der Neapolitaner Battista Porta meldet in seiner „Phytognomica" (1588), daß aus den tiefsten Fundamenten alter Häuser emporgeschaffte Erde neue Pflanzen (durch Selbstzeugung, wie er glaubte) hervorbringe. Solche Versuche hat A. Peters in Göttingen vor etwa 5 Jahren mit aller Sorgfalt wiederholt, indem er aus Waldboden, der vor 20 bis 100 Jahren nachweislich Acker- oder Weideland gewesen war, Bodenproben aus verschiedenen Tiefen entnahm, wobei den alten Flurbüchern entsprechend, zahlreich Acker- und Trift-Unkräuter hervorsproßten, welche nur aus sogen. „ruhenden Samen" herstammen konnten, die zum Theil viele Jahrzehnte lang, von Luft und Licht abgeschlossen, unter dem Waldboden begraben gelegen hatten.

Es lag nahe, sich diese Dauerbarkeit der Pflanzensamen über Jahrzehnte und Jahrhunderte hinaus, durch ein wirkliches Fortleben, eine unausgesetzte minimale Athmung derselben zu erklären und man mußte folgerecht annehmen, daß mit dem Erlöschen oder langer Verhinderung der Athmung auch die Keimfähigkeit ihr Ende finden werde. Um die Annahme von der lebenerhaltenden Athmung der Samen zu prüfen, schlossen Romanes, Giglioli, Jodin u. a. Pflanzensamen 3—15 Monate lang in Glasröhren theils mit Luft, Sauerstoff oder unathembaren, auch gradezu giftigen Gasen (Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenoxyd, Kohlensäure, Schwefel-, Phosphor- und Arsenwasserstoff, Aether- und Chloroformdampf) ein, und fanden, daß ansehnliche Mengen darin ihre Keimfähigkeit bewahrt hatten, falls nur die Samen vorher genügend ausgetrocknet worden waren. Jodin sah 1896 Erbsen, die 10 Jahre lang unter Queckfilberverschluß gelegen und während dieser Zeit keine Spur von Athmungsgas gebunden oder ausgehaucht hatten, in großer Zahl (40 Procent) keimen. Die Anhänger der ununterbrochenen Samen-Athmung fanden darauf die Ausflucht einer „intramolekularen Respiration", worauf Raoul Pictet, Horace Brown, Eskombe und Horan mit Versuchen antworteten, bei denen Pflanzensamen und Thiereier, sowie lebende Thiere Temperaturen ausgesetzt wurden, die jede chemische Thätigkeit in denselben unmöglich machen. Die Letztgenannten bewahrten (1897) Sämereien verschiedenster Art 5 Tage lang

in flüssiger Luft von —183 bis 192° und fanden, daß sie ebenso gut keimten, wie unabgekühlte Samen, wenn sie nur allmälig genug (in einem Zeitraum von 50 Stunden) wiedererwärmt wurden.

Raoul Pictet ließ 1894 Thiere verschiedenster Art in Eisblöcke einfrieren, die er einer mehr als sibirischen Kälte aussetzte, und brachte durch vorsichtiges Aufthauen die Meisten wieder zum Leben. Fische vertrugen ohne Schaden eine Abkühlung auf 15°, Frösche und Schlangen auf 25 bis 28°, Skolopender erwachten noch, wenn sie bei 40 bis 50° eingefroren waren, und Schnecken vertrugen gar eine mehrtägige Abkühlung auf 110 bis 120°. Froschlaich, Infusorien und Räderthiere konnten stundenlang auf 60° abgekühlt werden, während Mikroben und Bacillen munter weiter lebten, wenn sie auch längere Zeit einer Kälte von 200° ausgesetzt gewesen waren. Da nun bei —100° alle chemischen Thätigkeiten ohne Ausnahme aufhören, so müßten bei den bis auf 200° abgekühlten und längere Zeit hindurch in dieser enormen Kälte erhaltenen Lebewesen und ihren Keimen sicherlich alle Lebensprocesse zum Stillstand gebracht worden sein. „Dennoch," sagt Pictet, „leben dieselben weiter und entwickeln sich, als wenn nichts geschehen wäre; das Leben muß also eine Kraft sein, wie Gravitation oder Schwere, eine Kraft, die immer vorhanden ist und niemals stirbt, die aber das Vorhandensein einer Organisation erfordert, um sich darin bethätigen zu können. Ist diese einmal gegeben, so hat man nur Wärme, Feuchtigkeit und Licht zuzuführen und das Leben erwacht und entwickelt sich, wie eine Dampfmaschine, die man anheizt."

Fig. 64.
Marchantia polymorpha. Weibliche Pflanze in natürlicher Größe. a b Fruchtstände verschiedener Entwicklung. s Schalen mit Brutknöspchen.

Eine mit dieser Zähigkeit und Widerstandsfähigkeit der niederen Lebensformen zusammenhängende Begabung zeigt sich in der Leichtigkeit, mit der sie sich verjüngen und verlorene Theile oder Gliedmaßen ergänzen. Die niedern Thierformen nähern sich darin den Pflanzen, von denen allgemein bekannt ist, wie leicht sich aus abgeschnittenen Zweigstückchen (Stecklingen), einzelnen Blättern u. s. w. neue Pflanzen erzielen lassen, indem sich der eingepflanzte Theil zur vollständigen Pflanze verjüngt und ergänzt. Man erzählt, daß in dieser Weise sämmtliche Trauerweiden Europas von einem angeblich vom Dichter Pope gepflanzten Stecklinge herrühren sollten, der einem Feigenkörbchen entnommen war. Bei manchen niedern Pflanzen geht die Theilbarkeit bis ins Unendliche; man kann z. B. die an feuchten Stellen der Gärten, namentlich in der Nähe von laufenden Brunnen, Fontänen u. s. w.

wachsenden Brunnenmooses (**Lunularia vulgaris, Marchantia polymorpha** (Fig. 64) u. A.) wie **Vöchting** gezeigt hat, mit dem Wiegemesser fast zu Brei hacken, ohne die Stückchen von weniger als Schrotkorngröße dadurch zu hindern, in ihrer Wachsthumsrichtung neue Knospen zu treiben, und weiter zu wachsen. Ein Weidenschößling mäßiger Länge kann ein Dutzend Stecklinge liefern und ein einziges Blatt des von **Goethe** seiner Zeit bewunderten und besungenen **Bryophyllum** liefert ganz oder zerstückt auf feuchte Erde gelegt, eine große Anzahl junger Pflanzen, die aus den Zahneinbuchtungen des Blattes hervorsprossen.

Diese fast unbegrenzte Sprossungsfähigkeit der Pflanzen eröffnet ihnen die Möglichkeit, lange Perioden der Kälte oder Trockenheit zu überwinden, und es, namentlich in Baumform, zu hohen Jahren zu bringen, ihre Laubkrone in jedem Jahre vollständig zu erneuern. Die immergrünen Laubbäume wärmerer Zonen zeigen uns, daß der Laubfall unserer Bäume mit hinfälligen Blättern eine Anpassungserscheinung an die im Laufe der Erdentwicklung immer kälter gewordenen, den Polen nähern Länder ist. Den im Winter grün bleibenden Eichen des Südens möchten es die nordischen Eichen noch immer gleich thun und halten die abgestorbenen Blätter bis zum Frühling fest, während die Bäume mit vollendeter Winteranpassung, die Blätter nicht nur fallen lassen, sondern gradezu abwerfen. Die Weidenstumpfe der Niederungsländer, denen man die Zweige alle paar Jahre zu Faschinenbauten nimmt, und die Kugelakazien, deren Kronen alljährlich dem Geschmack der Gärtner zum Opfer fallen, zeigen, was man einer Pflanze in dieser Beziehung bieten kann.

Wie der Baum, den man als ein zusammengesetztes Individuum betrachten muß, so ergänzt sich auch das in die Erde gesteckte Wurzel- und wipfellose Zweigstück wieder zur ganzen Pflanze, freilich immer nur unter der Bedingung richtiger Einpflanzung, so daß das früher der Wurzel zugekehrte Ende in die Erde kommt, da es dort immer nur, auch wenn verkehrt oder wagerecht aufgehängt und mit feuchtem Moose umwickelt, Wurzeln und am andern Ende Gipfelknospen treiben wird. Das Theilstück ergänzt sich eben zur vollständigen Pflanze, geradeso, wie wir es sogleich bei niedern Thieren sehen werden und nur sehr wenige Pflanzen verleugnen diese strenge Polarität der Achsentheile, wie z. B. die Brombeerstaude, deren lange Ruthen sich freiwillig im Bogen zur Erde zurückkrümmen und allmälig mit ihrem Gipfelende neu einwurzeln. Es ist das eine Ausnahme-Erscheinung, die an das Wurzelschlagen der Ausläufer, z. B. bei den Gartenerdbeeren, erinnert.

Niedere Thiere gleichen den Pflanzen nicht nur darin, daß sie sich vielfach auf ungeschlechtlichem Wege durch Bildung von **Knospen**, die erst am Mutterstamm aussprossen und sich dann mitunter ablösen, vermehren, sondern auch durch weitgehende Theilbarkeit und Fähigkeit, abgelöste Theile neu zu ergänzen, ja der Theile, zu vollkommnen Individuen auszuwachsen. Als

diese Fähigkeit zuerst bei Thieren entdeckt wurde, erregte das ein gewaltiges Aufsehen, nämlich im November 1742, als der angesehene Leidener Botaniker Gronovius der Londoner Königlichen Gesellschaft meldete, der junge aus Genf stammende Hauslehrer Trembley habe ein „Wasserinsekt" entdeckt, welches man in fünf bis sechs Stücke zerschneiden könne, die nicht nur die Eingriffe überlebten, sondern in kurzer Zeit von neuem Köpfe und Schwänze hervorsprossen ließen. Es handelte sich um den von Leeuwenhoek zuerst beschriebenen Süßwasser- oder Armpolypen (Hydra vulgaris Fig. 65) unsrer stehenden und träge fließenden Gewässer, der nicht nur, wie eine Pflanze Knospen bildet, aus denen sich neue 6—12 armige Polypen-Münder entwickeln, sondern auch durch eingestreuete, in seinen Zellen lebende Blattgrünkörnchen grün gefärbt ist. Der in mehrere Quer-Stücke zertheilte Armpolyp verhält sich dabei, wie Marshall in neuerer Zeit gezeigt hat, ganz wie ein Pflanzensteckling, den man in mehrere Stücke zerschnitten hat, und es erzeugen sich bei allen Theilstücken Mundöffnungen und Greifarme an demjenigen Pole, welcher dem Anheftungspole, gleichsam der Wurzel des „Pflanzenthiers", abgekehrt war. Die anderen Enden lassen sich beliebig mit einander verheilen, so daß wahre Monstra, schwimmende oder festgewurzelte Hydren mit vielen Mundöffnungen erhalten werden können.

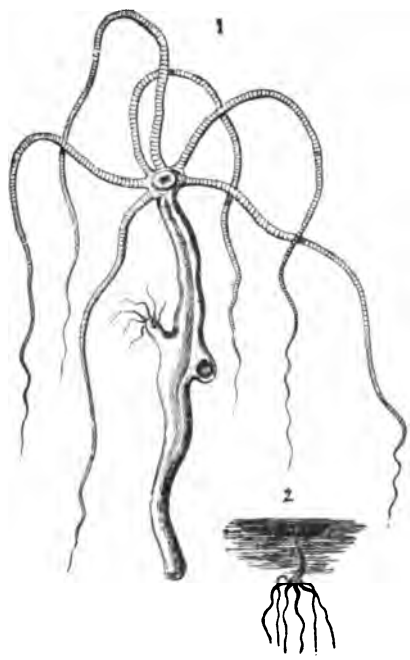


Fig. 65.
Süßwasser-Polyp; 1 vergrößert, 2 in natürlicher Stellung und Größe.

In selteneren Fällen entstehen auch an dem falschen Pole des Theilstückes Mundöffnungen mit Fangarmen, doch sind dies Ausnahmssprossungen durch sog. Heterogenesis (unregelmäßige Zeugung). Dagegen hat sich ein anderer vorgeblicher Versuch Trembleys, das Polypenstück auf eine Schweinsborste zu fädeln und umzustülpen, wie einen Handschuhfinger, so daß nun die Magenwand nach außen käme und Oberhaut würde, in neuerer Zeit nicht mehr so leicht ausführen lassen und sein Gelingen beruhte wahrscheinlich nur auf Täuschung. Das Polypenstück stülpt sich nämlich vor dem Weiterwachsen heimlich wieder zurück, oder es findet (nach Nußbaum) eine wechselseitige Wanderung der Haut- und Magenblattzellen statt.

Aehnliche Zerstückelungen kann man auch den meisten andern Pflanzen-

thieren oder Zoophyten, die den Pflanzen durch regelmäßige Knospenbildung und Vermehrung oder Verästelung durch diese Knospen ähnlich erscheinen und von denen man viele, wie Schwämme und Korallen bis zum vorigen Jahrhundert für wirkliche Pflanzen gehalten hat, zumuthen, namentlich den Schwämmen und Korallen-Polypen, die man in Stücke schneiden und im Felsengrunde des Meeres förmlich anpflanzen kann. Auch bei den Aktinien oder Seerosen ist das Knospungs- und Neusprossungsvermögen stark entwickelt; sie theilen sich, was zuerst Gosse in neuerer Zeit beobachtet hat, wie sonst die einzelnen Zellen thun, durch einfache oder kreuzförmige Längsschnitte freiwillig in 2—4 Stücke, die sich dann ergänzen, und Madame Tynne sah in dieser Weise aus zwei Seerosen im Verlaufe von zwei Jahren durch wiederholte Selbsttheilung und Knospung nicht weniger als 278 Tochter-Seerosen hervorgehen. Man sieht, daß bei der Vermehrung dieser Thiere Selbsttheilung und Knospung beinahe eine größere Rolle spielen, als die geschlechtliche Fortpflanzung. Jedes abgeschnittene Stück hat den physiologischen Werth eines Keimes oder Eies der höheren Thiere, welche in ihrer ersten Anlage auch nur Knospen sind, nur daß sich die Erzeugung solcher Knospen später auf eine besondere Körperstelle verlegt und auf ein Organ (den Eierstock) beschränkt, und daß diese Knospen dann erst einer vorhergehenden Befruchtung bedürfen, um sich zu entwickeln, während, wie gesagt, die niederen Thiere gleich den Pflanzen auch durch Theilung und Knospung sich vermehren, ein Vorgang, der bei ihnen noch lange neben der geschlechtlichen Fortpflanzung, nachdem sich diese ausgebildet hat, einhergeht. So erzog z. B. Trembley aus einem einzigen, in 50 Stücke zerschnittenen Armpolypen ebensoviel neue Polypen. Es sind demnach Fähigkeiten, die in Folge der Arbeitstheilung in den Geweben und Organen bei höheren Thieren nur noch bestimmten Geschlechtszellen zukommen, vermöge der ursprünglichen Einfachheit der Bildungen, hier noch Gemeingut aller Theile. Das niedere Thier bekundet damit, wie Claude le Cat schon 1749 darlegte, eine allgemeinere und voraussetzungslosere Lebenskraft; solche auf den einfachsten Ausdruck zurückgeführte thierischen Organisationen seien Günstlinge der Natur, auf die sie alle ihre Gaben ausgegossen, während der Mensch, der sich schmeichle, ihr erstgeborener Sohn zu sein, gegen den Polypen wie ein enterbtes Kind erscheine, das nicht nur jene wunderbaren Vitalitäts- und Regenerationsfähigkeiten eingebüßt, sondern auch vermöge seiner komplicirten Leibesbeschaffenheit einem Heer von Leiden und Krankheiten verfallen sei, die so einfach gebauete Thiere nicht kennen. In der That, Thiere, die kein Gehirn, kein Herz, keine Lungen und Nieren haben, dürften auch der Gehirn-, Herz-, Lungen- und Nierenkrankheiten enthoben sein.

Den Pflanzenthieren am nächsten kommen in der Sproßkraft die niederen Würmer, namentlich die Strudelwürmer, von denen die Plattwürmer (Planarien) zum Theil an Steinen und Wasserpflanzen unserer

Teiche und Bäche vorkommen und im Aussehen kleinen Nacktschnecken gleichen. Dugès hat schon vor 70 Jahren bemerkt, daß wenn man diese Thiere quer durchschneidet, der vorderen Hälfte ein neuer Schwanz und der hinteren ein neuer Kopf, d. h. das mit (gewöhnlich zwei) Augenpunkten versehene Vorderstück neu wächst, und daß, wenn man den vorderen Theil der Länge nach halbirt, ohne das Thier ganz durchzuschneiden, dadurch Monstra mit 2 Köpfen entstehen. (Fig. 66.) Sogar der aus der Mitte des Leibes (auf der Unterseite) hervorstülpbare Mundrüssel lebt abgeschnitten fort und soll unmittelbar weiter fressen. Darwin erzählt, daß wenn er eine der im Brasilianischen Urwalde unter Steinen und Baumrinden lebenden großen und schöngezeichneten Planarien in viele Stücke zerschnitten habe, jedes Bruchstück in seiner eigenen Richtung davongekrochen sei, als ob es immer noch mit einem eigenen leitenden Vorderstück versehen wäre.

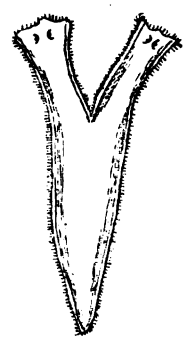


Fig. 66.
Durch Einschneiden erzielte Doppelplanarie.

Unter den Ringelwürmern besitzen namentlich die niederen Formen ohne abgesetzten Kopf und Fußstummel, welche in der Erde und im Süßwasser leben, die sogenannte Oligochäten, ein sehr starkes Regenerationsvermögen. Réaumur, Bonnet, Rösel und Spallanzani haben darüber im vorigen Jahrhundert lange Reihen abenteuerlich aussehender Versuche angestellt, namentlich am gemeinen Regenwurm und seinem im Wasser lebenden Doppelgänger (Lumbriculus), sowie an den kleinen zierlichen Wurmschlängelchen (Naïden). Man kann ihnen Kopf und Schwanz wegschneiden, und wenn man nur die Vorsicht gebraucht, am Kopfe noch einige Ringe sitzen zu lassen, so ergänzen sich Kopf, Mittelstück und Schwanz bald wieder zu vollständigen Thieren. Bei Naïden gelang Bonnet und Rösel dieser Versuch mehr als zwölfmal hintereinander bei demselben Thiere. Mit Unrecht war in neuerer Zeit das Nachwachsen des Kopfes bezweifelt worden, aber so ausgezeichnete Beobachter wie Dugès, van Beneden und A. de Quatrefages haben es in unserem Jahrhundert bestätigt. Mehrere Ringelwürmer vermehren sich sogar durch freiwillige Theilung in mehrere Ringelgruppen, wobei eine Sprossung der Gliedstücke der Theilung vorangehen kann (bei Naïs und ihren Verwandten), oder derselben (z. B. bei Lumbriculus) nachfolgt.

Als im vorigen Jahrhundert die Entdeckungen Trembleys, Bonnets und Spallanzanis über das Wiederwachsen verstümmelter Theile ein so großes Aufsehen erregten, ging auf Vorschlag Réaumurs eine Expedition französischer Naturforscher an den Meeresstrand, um das Vermögen der Seethiere nach dieser Richtung zu studiren. Sie brachten unter andern die Beobachtung mit, daß auch den See- und Schlangensternen die abgebrochenen Gliedmaßen wieder wüchsen. Aber im Jahre 1866 beob-

achtete Ed. von Martens, daß auch der abgelöste Arm eines Seesterns des indischen Meeres (Linckia multifora) sich durch Hervorsprossen von 4 neuen Armen zu einem vollständigen Seestern ergänzt, was um so erstaunlicher ist, da die hauptsächlichsten Nerven und Ernährungsorgane im Mittelstück, für welches die Arme nur Greif-, Kriech- und Fangorgane zu sein scheinen, zusammengedrängt sind, so daß der sich aus dem Arm regenerirende Seestern zunächst keinerlei Nahrung aufzunehmen im Stande ist. Dieselbe auffallende Erscheinung hatte schon vorher Dalyell beobachtet und schon nach 5 Tagen an der Trennungsstelle vier neue Arme hervorsprossen gesehen, so daß der im Entstehen begriffene Seestern aussieht, wie ein Komet mit 4 kurzen Strahlen und einem langen Schwanze. Solche „Kometenformen" (Fig. 67) fand dann der russische Naturforscher Kowalewsky bei einem Seestern des rothen Meeres (Ophidiaster Ehrenbergii) in großer Anzahl; er sah, wie sich bei diesen Thieren ein Arm

Fig. 67.
Kometenform von Linckia multifora $^2/_1$. Von der Bauchseite.

nach dem andern von der Scheibe ablöste, um einen neuen Kometenstern zu bilden und da das zurückbleibende Mittelstück an Stelle der losgelösten Arme ebenfalls wieder neue Arme trieb, so waren alle bei Tur gefangenen Exemplare dieser Art mit ungleich langen Armen versehen; mit 5 gleichlangen Armen konnte nicht ein einziges Thier aufgetrieben werden. Wahrscheinlich bezieht sich auf solche, aus ganz verschiedenartigen Theilen zusammengesetzte Seesterne das alte von Aelian und Oppian mitgetheilte Märchen, daß die Stücke eines Seeigels, die man einzeln in's Meer werfe, darin weiterlebten, einander aufsuchten und zusammenwüchsen; die oft sehr stachelreichen Seesterne wurden dabei wohl mit den Seeigeln zusammengeworfen. Uebrigens sind nicht die Arme aller Seesternarten im Stande, ein vollständiges Thier zu ergänzen; bei vielen gehört ein Stück daran sitzender Scheibe dazu, aber bei der hier abgebildeten Art (Fig. 67) überzeugte sich Haeckel, daß die sprossenden Arme durchaus keine Theile des Mittelstückes enthielten. Nach den Mittheilungen von Lütken, Simroth u. A. vermehren sich mehrere Arten von Schlangensternen aus den Gattungen Ophiotela, Ophioctis und Ophiocoma vorwiegend dadurch, daß sie sich durch einen quer über ihre Scheibe laufenden Spalt in zwei Stücke

theilen, die sich dann wieder zu vollständigen Thieren ergänzen, obwohl die in der Scheibe liegenden Weichtheile (Magen, Gefäße, Nerven), dabei ganz unregelmäßig zerrissen werden. Auch die verwandten Seegurken oder Holothurien ergänzen sehr leicht freiwillig abgeworfene oder abgerissene äußere und ausgeworfene innere Theile, wovon später noch zu sprechen sein wird.

Schon bei den Weichthieren beschränkt sich, wie bei allen in der Stufenleiter der Organisation höher stehenden Thieren das Wiederwachsthum auf häufiger verloren gehende Theile, die freilich oft scheinbar freiwillig abgeworfen werden. Aber das Nachwachsen tritt hinfort nicht mehr, wie bei Pflanzenthieren, Würmern und Stachelhäutern in den Dienst der Artvermehrung; auch wachsen nicht mehr kleine Theilstücke zu ganzen Thieren aus. Dafür erstreckt sich aber das Nachwachsen selbst noch auf die edelsten Organe: Fühler, Augen und selbst auf den abgeschnittenen Kopf der Schnecken nach Spallanzanis Entdeckung. Die letztere erregte im vorigen Jahrhundert gewaltiges Aufsehen und Voltaire fand, daß die Schnecken, welchen der Kopf regelmäßig wiederwächst, eigentlich viel größere Wunderthäter seien, als der heilige Dionysius, der seinen Kopf nach der Enthauptung zwar aufhob, aber nicht wieder auf den Rumpf befestigen konnte. Der Spötter weidete sich Angesichts der Würmer und Schnecken, denen ein neuer Kopf wächst, an der Verlegenheit der Philosophen, die geglaubt hätten, daß der Kopf bei allen lebenden Thieren Princip und Ursache aller Bewegungen, Empfindungen und Vorstellungen sei, und der hier nach Bedarf vom Körper neu erzeugt werde. Man begreift, daß in einer so wichtigen Frage sehr viele Naturforscher sich selbst überzeugen wollten; unzählige Gartenschnecken fielen dieser Wißbegierde zum Opfer und nicht wenige Stimmen von Zoologen erhoben sich, welche behaupteten, ihren Schnecken sei es nicht „eingefallen", den abgeschnittenen Kopf neu zu erzeugen. Hielten auch angesehene Forscher damals an der Ueberzeugung Spallanzanis fest, den Schnecken wüchse der abgeschnittene Kopf wieder, so blieb doch die Sache unentschieden, bis Schweigger und Carrière, welcher letztere 1880 ein besonderes Werk über die Regeneration der Lungenschnecken veröffentlichte, die Sache aufklärten. Schweigger, der die eigenen Präparate Spallanzanis untersuchen konnte, zeigte, daß der Mißerfolg zahlreicher Beobachter augenscheinlich daran gelegen hat, daß sie den Schlundring der Schnecken, der die nervösen Theile enthält, mit fortgeschnitten hatten, während Spallanzani denselben nicht verletzte. Der italienische Forscher war also im Irrthum zu glauben, das Gehirn vollständig beseitigt zu haben, denn in diesem Falle wachsen die Köpfe nicht neu. Was noch bei den Würmern möglich ist, gelingt schon bei den Schnecken nicht mehr.

Bei den Gliederthieren: Krebsen, Spinnen und Insekten wachsen nur die äußeren Körperanhänge, namentlich die Beine leicht wieder, zumal bei den älteren Gliederthieren, als die wir die Krebse betrachten

dürfen. Sie bekommen so leicht neue Beine wieder, daß sie dieselben bei der geringsten Gefahr, an den oft langen Beinen festgehalten zu werden, fahren lassen dürfen und dies oft scheinbar freiwillig und muthwillig thun, wie der Mensch eine Locke verschenkt, weil sie ihm bald wiederwächst. Es haben sich besondere Einrichtungen, um die Beine leicht loszulösen, bei ihnen herausgebildet, von denen wir später sprechen. Bei den höheren Gliederthieren, den Insecten, schränkt sich der Wiedererſatz der Gliedmaßen mehr und mehr auf die oft lange dauernde Larvenzeit ein, wo ihnen der Ersatz noch von Nutzen sein kann, während das ausgebildete Insect, welches in der Regel nur noch eine kurze Lebensdauer vor sich hat, gewöhnlich die verlorenen Glieder nicht mehr neu bildet, wie denn ein nachwachsendes Bein bei ihnen kaum mehr rechtzeitig in Thätigkeit treten könnte.

Auch bei den Angehörigen der höchsten Thierklasse, den Wirbelthieren zeigt sich Ersatzvermögen in größerem Umfange nur bei Angehörigen solcher Abtheilungen, die einen Larvenzustand haben, wie die Amphibien und gewisse Fische. An Schwanzlurchen (Molchen, Tritonen u. s. w.) und Froschlarven stellten Spallanzani und Bonnet zahlreiche und gelungene Versuche an, aus denen hervorgeht, daß sie nicht allein den abgeschnittenen Schwanz, sondern alle vier Beine, auch Theile des Kopfes in verhältnißmäßig kurzer Zeit ergänzen und zwar zu mehrmals wiederholten Malen, so daß ein Molch, dem Spallanzani sechsmal nacheinander die Beine weggeschnitten hatte, in der kurzen Frist von 3 Sommermonaten 687 Einzelknochen dieser Gliedmaßen neu anlegte, ein andrer bei guter Fütterung in einer etwas längeren Frist sogar 1374 Knochen neu bildete. Diese Thiere zeigen bei solchen Operationen keinerlei Unbehagen, fressen, wenn sie gerade bei einer Mahlzeit sind, ruhig weiter, und man hat nur, wie neuere Untersuchungen lehrten, die Vorsicht zu beobachten, daß noch ein Basaltheil, gleichsam eine Wurzel des Gliedes übrig bleibt, aus der es neu sprossen kann. Es erklärt sich dies leicht aus der durch Fraisse 1885 festgestellten Thatsache, daß jede Gewebeform der Neubildung aus den gleichartigen Theilen des Stumpfes hervorgeht, die neue Oberhaut als Fortsetzung der alten, die neuen Muskel- und Nervenzellen u. s. w. aus den alten, während andere Elementartheile aus dem Bindegewebe entstehen. Ist dagegen ein Glied ganz aus seinem Gelenke gelöst, so vermag der Wundreiz nicht mehr in bestimmter Richtung anregend zu wirken und die Neubildung unterbleibt.

Die höher stehenden Luft-Wirbelthiere, die in ziemlich ausgebildetem Zustande an's Licht treten und nach ihrer Geburt nur noch wachsen, haben größtentheils diese Vortheile der älteren Thierwelt, sich gelegentlich völlig zu verjüngen und erlittene Schäden bis zur Vervollständigung ganzer Gliedmaßen auszubessern, eingebüßt; nur die Eidechsen haben unter ihnen noch den Vorzug behalten, wenigstens ihren langen Schwanz leicht abzubrechen und neusprossen zu sehen, wahrscheinlich weil er als nachschleppender Körpertheil leicht in Gefahr gerieth, ergriffen zu werden, und sie daher in der

Praxis der niederen Thiere, festgehaltene Gliedmaßen fahren zu lassen, in Uebung blieben. Im Allgemeinen sind bei den höheren Wirbelthieren die Vorgänge der Regeneration auf die regelmäßige periodische Erneuerung der stark der Abnutzung unterworfenen Oberhautgebilde, und auf das Zusammenheilen und die Ausfüllung (Vernarbung) von Fleischwunden beschränkt. Bei der periodischen Mauserung, der die meisten Reptile, Vögel und Säugethiere unterliegen, werden nicht nur die freien Oberhautgebilde, mögen sie auch noch so prachtvoll (bei vielen Reptilen und Vögeln) gefärbt und gezeichnet sein, sondern in einzelnen Fällen, wie bei den Schlangen das ganze oberste Häutchen, wie ein abgetragenes Kleidungsstück abgestoßen. Oft dient die Erneuerung des Haar- oder Federkleides zugleich bestimmten Vortheilen, z. B. bei manchen Polarthieren, die im Sommer ein mehr graues oder bräunliches, im Winter ein mehr weißes Gewand erhalten, so daß die verschiedenartigen Sommer- und Winterkleider ihrer besseren Verbergung in der schneefreien oder schneebedeckten Landschaft förderlich sind. Gewöhnlich fällt die Erneuerung der Oberhautgebilde mit der Paarungszeit zusammen, und sie erstrahlen dann am Hochzeitskleide, namentlich bei den Männchen, oft in prachtvollstem Farbenschmuck. Auch gehen diese Erneuerungsvorgänge tiefer als der Laie gewöhnlich glaubt. So erstreckt sich beispielsweise die Mauser bei den Vögeln nicht blos auf das Federkleid, sondern auch auf die Krallen und Schnabelscheide; unser Kernbeißer hat beispielsweise im Winter einen rosenfarbenen und im Sommer einen blauen Schnabel. Manche Eidechsenmännchen bekommen zur Paarungszeit sogar gefärbte hornartige Zierathen auf dem Kopfe, wie die Hirsche und Kämme auf dem Rücken, die nachher abfallen oder einschrumpfen und alljährlich erneuert werden. Der nordische Larventaucher oder Seepapagei (Mormon arcticus) bedeckt im Sommer seinen brennendrothen Schnabel mit einer gestreiften Maske oder Larve, so daß er dann wie ein Papagei aussieht, und der so verstärkte Schnabel dient ihm nicht als Faschingsmaske, sondern zum Graben der Erdgänge für seine Brut. Später zum Winter wirft er die Kunstmase stückweis wieder ab und zeigt dann ein so verändertes Gesicht, daß man aus ihm und den Verwandten jedes Mal mehrere Arten gemacht hatte, bis L. Bureau (1879) diese Schnabelmetamorphose der Larventaucher genauer studirte, und dabei mehrere Formen zu einer einzigen zusammenziehen konnte. (Vgl. Fig. 68.)

Beim Menschen sind auch diese Mauserungs-Erscheinungen geschwunden, nicht einmal Haare und Zähne (mit Ausnahme des Milchzahngebisses) erneuern sich, während die Zähne der niederen Wirbelthiere (Fische, Amphibien und Reptile) zeitlebens weiterwachsen und nach dem Abbruch sich erneuern, auch noch bei einzelnen Säugern, die ihnen beständige abschleifende Arbeit geben, wie die Nager, dieses unbegrenzte Wachsthum behalten haben. Nur einige wenige Körpertheile, wie z. B. die Krystalllinse des Auges, erzeugen sich nach der Zerstörung von Neuem, worauf die Möglichkeit der Operation

des grauen Staars beruht. Es läßt sich nach dem, was auf den letzten Seiten gestreift wurde, nicht verkennen, daß in Anbetracht der Widerstandsfähigkeit der niederen Organismen gegen Kälte, Hitze, Trockenheit, Verletzungen und Verstümmelungen (die zum vollkommnen Ersatz führen), der Satz des Spinoza: die ersten Modificationen der Substanz seien die vollkommensten, in eigner Beleuchtung erscheint. In dieser Richtung sind nicht die höheren, sondern die niedersten Thiere die vollkommneren oder begabteren. Die Energie des Lebens hat offenbar mit dem Fortschreiten zu höheren Lebensformen abgenommen, und es ist ja nur natürlich, daß der Organismus mit der Verfeinerung seines innern Baus empfindlicher gegen Störungen und bei Verletzungen schwieriger auszubessern wird. Auch in der persönlichen Entwicklung der Lebewesen bemerken wir ähnliches; der Pflanzensamen oder junge Thierkeim sind am widerstandsfähigsten, der jugendliche Körper mehr als der erwachsene.

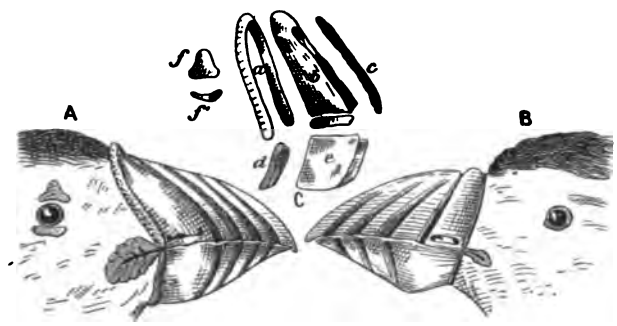


Fig. 68.
Kopf des armorizischen Larventauchers (Fratercula armorica).
A. Kopf im Frühjahr. a—f abfallende Hornstücke des Schnabels und der Augenschilder. B. Der Schnabel nach dem Abwerfen der Maske.

Wenn wir diese Erfahrungen auf die Geschichte des Erdlebens anwenden und uns der Mühe erinnern, die wir heute haben, die niederen Lebensformen, soweit sie uns, wie Schimmelpilze, Gährungserreger, Krankheitskeime schädlich entgegentreten, von uns, unseren Gefäßen und Instrumenten fern zu halten, wenn wir Erde, Wasser und Luft damit erfüllt sehen, da werden wir nicht umhin können, anzunehmen, daß es von Urzeiten her eben so war, daß alle Wasseransammlungen der Erdoberfläche, soweit sie nicht kochheiß waren, schon bald nach der ersten dickeren Krustenbildung der Erde mit unzähligen niederen Lebensformen bevölkert waren. Den Bacillus der Buttersäure-Gährung (Bacillus amylobacter) hat man bis zur Steinkohlenzeit zurückverfolgen können, und es ist wahrscheinlicher, als das Gegentheil, daß er heute unerkennbar schon in den organischen Resten viel älterer Zeiten eine Rolle gespielt hat. Eine devonische Bacterie (Micrococcus devonicus), welche das Holz der absterbenden Bäume

zerstörte und durch Verzehrung der Tüpfel den Mythus eines tüpfellosen Nadelholzes (Aporoxylon) erzeugt hatte, wurde jüngst durch Renault in den thüringischen Cypridinenschiefern entlarvt. Die Klage des Mephistopheles:

Der Luft, dem Wasser, wie der Erden
Entwinden tausend Keime sich,
Im Trocknen, Feuchten, Warmen, Kalten!
Hätt' ich mir nicht die Flamme vorbehalten,
Ich hätte nichts Aparts für mich.

galt sicher von der frühesten Urzeit an, wenn auch die meisten dieser mikroskopischen Urwesen keine heute erkennbaren Spuren ihres Daseins gelassen haben. Natürlich wird man nicht annehmen dürfen, daß diese niedersten Organismen der frühesten Urzeit so starke parasitäre Neigungen entwickelt haben, wie später: sie könnten im Anfange höchstens aufeinander schmarotzt haben.

Um die Entwicklung der Lebensformen in der Urzeit zu begreifen, muß man sich über die klimatischen Bedingungen, die Wärme-, Licht- und Luftverhältnisse derselben zu unterrichten suchen. Denn es wäre offenbar verkehrt, zu glauben, daß diese fundamentalen Lebensbedingungen seit jeher dieselben gewesen wären, wie heutzutage, daß damals eine ähnliche Gliederung in Polargebiete, gemäßigte, subtropische und tropische Zonen bestanden habe wie jetzt. Allerdings ist es wahrscheinlich, daß die Erdachse ihre jetzige Neigung zur Erdbahn schon seit den ältesten Tagen der Erde besessen und beibehalten hat, und daß die bald zu erwähnenden Ansichten von einem Wandern der Pole nicht begründet sind, obwohl man noch in den letzten Jahrzehnten bisher unbekannte Schwankungen in den Polhöhen beobachtet hat, und die Wanderungen der Magnetpole unzweifelhaft nachgewiesene Thatsachen sind. Aber diese Schwankungen vollziehen sich in einem Kreislaufe, mögen sie nun von irdischen oder kosmischen Bedingungen hervorgerufen werden und verändern den Winkel der Erdachse, dem wir die Folge der Jahreszeiten, die abwechselnde Temperatursteigerungen auf der nördlichen und südlichen Hemisphäre, die Ablenkung der Luftströmungen und die Ablösung der trockenen und nassen Jahreszeiten verdanken, nur wenig. Größeren Einfluß darauf hat die wechselnde Gestaltung der Land- und Meeres-Vertheilung für die betreffenden Gegenden, in denen Aenderungen eintraten, Meeresströmungen unterbrochen oder eröffnet wurden, gehabt. Aber alles das erklärt nicht die Thatsache der früher höheren und gleichmäßigeren Temperatur an der Erdoberfläche bis hinauf in höhere Breiten, von der uns sowohl geologische als biologische Verhältnisse Kunde geben.

Von der wärmeren und gleichmäßigeren Temperatur der Erde in den älteren geologischen Perioden zeugt einerseits das Vorkommen solcher Pflanzen und Thiere in unseren Breiten, die sich später auf die Aequatorial- und

tropische Zone zurückgezogen haben, die Bauten der Korallen-Polypen in den nordischen Meeren, und selbst die größere Langsamkeit, mit der Eruptivgesteine in den älteren Erdepochen erkalteten. (Vgl. S. 82.) Man hat diesen mit Sicherheit abzuleitenden Befund früher meist in eine allzu unmittelbare Verbindung mit der geringeren Dicke der abgekühlten Erdkruste gebracht. Allein die Gesteine sind so schlechte Wärmeleiter, daß bekanntlich eine Lavamasse, die innen noch glühend ist, nach kurzer Zeit betreten werden kann, weil dann die dünne Kruste an ihrer Oberfläche bereits Lufttemperatur angenommen hat. Daher können wir auch nicht glauben, daß das heiße Erdinnere dauernd zur Erhöhung der Luft- und Wassertemperaturen beigetragen haben könnte, jedenfalls nicht durch die unendlichen Zeiträume hindurch, während welcher wir die gesammte Erde vor dem geistigen Auge vom Aequator bis zu den höheren Breiten mit einer tropischen Vegetationsfülle bedeckt sehen. Wir dürften eine solche Annahme wohl für die ältesten Zeiten der festen Erde machen, allein auf die ungeheuren Zeiträume hinaus, in denen die gesammte Erde ein warmes Klima besessen hat, und welche sich bis an das Ende der Tertiärzeit erstreckte, können wir keine Centralheizung der Erde für wahrscheinlich halten. Von anderen Seiten ist zur Erklärung namentlich auf die viel höhere und dichtere Erd-Atmosphäre der Urzeiten hingewiesen worden, in der noch viele jetzt von den Mineralen der Erdrinde gebundene Stoffe, namentlich größere Kohlensäure- und Wassergasmengen enthalten waren, deren Gegenwart weniger das Eindringen der Sonnenstrahlen, als die Wärmeausstrahlung der erwärmten Erdoberfläche verminderte. Arrhenius hat in jüngster Zeit, namentlich Rechnungen über den Einfluß der Luftkohlensäure, die auch periodisch durch starke vulkanische Ausbrüche in ihrem Mengenverhältniß erhöht gewesen sein könne, hingewiesen, aber andere Klimatologen haben seinen Rechnungen widersprochen. Auch die Annahme Heers, daß das Sonnensystem damals vielleicht in wärmeren Weltregionen umhergekreist sei, ist nicht sehr viel glücklicher, so daß wir eine andere Hypothese nicht ohne Weiteres von der Hand weisen dürfen, die in neuerer Zeit von Blandet aufgestellt worden ist, und mit keiner physikalischen oder astronomischen Thatsache in directem Widerspruche steht.

Blandet geht von der Kant-Laplace'schen Welttheorie aus, und sagt, vor vielen Jahrtausenden, als die Erde längst oberflächlich erkaltet sein konnte, wäre die Sonne noch viel ausgedehnter gewesen als heute, ihre Umrisse erstreckten sich damals vielleicht noch bis zur Merkursbahn. Eine so große Sonne, die beinahe den vierten Theil des Horizontes einnahm, mußte eine wesentlich andere Wirkung auf die Erde ausüben, als unsre heutige Sonne. Ihre übergroße Wärmestrahlung zwar konnte durch eine dichtere Atmosphäre abgehalten werden, aber die Beleuchtungserscheinungen mußten wesentlich andere sein, die Nächte viel kürzer, die Dämmerungszeiten und Tage bedeutend länger ausfallen. Eine der letzteren ähnliche

Voraussetzung wurde nun beinahe gefordert, von einer anderen Erfahrungsreihe aus, nämlich von den neuern geologischen Erforschungen der Polarländer, welche gezeigt haben sollten, daß der Nordpol bis in eine sehr späte Periode hinein, ringsum von einem üppigen Pflanzenwuchs bedeckt gewesen wäre, der bei einem halbjährigen Tag- und Nachtwechsel, wie er nunmehr dort stattfindet, kaum zu denken sein würde. Wohl könnten wir dichte Nebel annehmen, welche, warmen Strömungen des Meeres folgend, die Vegetation jener Gegenden vor dem Erfrieren durch Wärmeausstrahlung geschützt haben könnten, allein die halbjährige Nacht und der halbjährige ununterbrochene Sonnenschein würden kaum günstig eingewirkt haben können. Es mag hier sogleich hervorgehoben werden, daß die Annahmen Oswald Heers, nach denen ehemals und noch in jüngern Zeiten auf der Insel Disko (70° n. B.) und sogar in Grinnelsland nördlich der Smithstraße (82° n. B.) Palmen und andere tropischen Gewächse gedeihen konnten, woraus einzelne Geologen eine Verschiebung der Pole, als einzige mögliche Erklärung herleiten wollten, nach den Untersuchungen von Brown, Gardner und Nathorst aufzugeben sind: kein Palmenstamm hat dort sich nachweisen lassen, und einzelne Stämme oder Blätter tropischer Pflanzen können leicht auf Treibhölzer und Windverwehungen zurückgeführt werden, wie ja noch heute in solchen Breiten schwimmend dahingelangte Mahagonistämme und mittelamerikanische Früchte angetroffen werden. Andererseits treffen wir daselbst jedenfalls reichlichere Spuren von Vegetation nordischen Charakters, als heute dort gedeiht.

Hier tritt jedoch eine Betrachtung in den Vordergrund, die bereits Buffon angestellt hat, und die mit allen bis jetzt beobachteten Thatsachen im Einklange steht. Mußte nicht, sagt er, wenn man von einer feuerflüssigen Erde ausgeht, das erste Festland an den Polen entstehen, und die allgemeine Gluth der Erdoberfläche dort zuerst soweit gemäßigt werden, daß lebende Wesen existiren konnten? Zu einer Zeit, in welcher an allen andern Punkten der Erde noch eine unerträgliche Wärme herrschte, konnte dort bereits ein Klima vorhanden sein, welches sich dem der heutigen Tropen vergleichen ließe. Es widerstrebt unserem gewohnten Denken und dem alltäglichen Gesichtskreise, gerade dieses jetzt vom ewigen Eise bedeckte Land als die Wiege des Lebens betrachten zu sollen, allein allerlei neuere Erfahrungen der Wissenschaften drängen uns dazu, dorthin den Blick zu richten. Der ausgezeichnete französische Pflanzenpaläontologe Graf von Saporta weist zum Beweise für diese Ansicht darauf hin, daß die älteren und gleichzeitig reichsten, fossilienführenden Schichten unserer nördlichen Halbkugel, die uns von dem ältesten Meeresleben, von Landpflanzen und Thieren Kunde geben, in den kalten Breiten der Nordpolländer angetroffen werden, namentlich in 50—60° nördlicher Breite und darüber hinaus. Dort finden sich die silurischen Schichten, die von der Verwitterung des ältesten Nordpollandes gebildet sind, in größter Ausbildung und obgleich sich dieselben

bis zum 35° n. B. in Spanien und Nordamerika ausbreiten, so werden die am meisten charakteristischen Schichten doch in England, Skandinavien, Böhmen und Nordamerika angetroffen. Daß das silurische Meer in den arktischen Breiten ein warmes Meer war, beweisen uns wie erwähnt, die Korallenbauten desselben, welche von sechszähligen Korallenthieren ausgeführt wurden, die heute nur noch in den wärmsten Meeren leben. Die Insel Gothland und andere nordische Inseln bestehen aus den Resten dieser uralten Gesellschaftsbauten.

Noch ältere, beinahe von organischen Resten freie Schichten, die zu einer Zeit gebildet wurden, als das organische Leben im Meere noch nicht existirte, oder, was wahrscheinlicher ist, nur in Formen vorhanden war, die sich ihrer weichen Beschaffenheit wegen nicht zur Erhaltung und Versteinerung eigneten, trifft man in ihrer hauptsächlichsten Ausbildung in Canada, Grönland und Spitzbergen an. Es ist nicht anders mit den obern devonischen und den kohlenführenden Schichten, die der eigentlichen Steinkohlenzeit vorausgingen; dieselben breiten sich bis zum 76° n. B. auf Grönland, bis zum 79° auf Spitzbergen aus und d'Archiac hat bereits vor längerer Zeit bemerkt, daß die nach Norden so zusammenhängenden Steinkohlen- und Braunkohlenablagerungen — „Surturbrand" der altnordischen Poeten — südlich vom 35° n. B. zur Ausnahme werden.

In der That stimmen alle Vorstellungen, zu denen die Untersuchungen der nordischen Steinkohlenwälder geführt haben, mit der oben entwickelten Ansicht eines damaligen feuchtwarmen, dunstigen Klimas mit matter Beleuchtung überein. Der Steinkohlenwald war zusammengesetzt vorwiegend aus niederen und baumartigen Farnen, sowie fremdartigen, unseren Lycopodien und Selaginellen am nächsten verwandten Bäumen, an deren jetzt lebenden Verwandten wir aus ihrem natürlichen Vorkommen, wie aus den Erfahrungen der Gärtner wissen, daß sie am besten im Halbschatten und in sehr feuchter Luft wachsen, das ungemilderte Sonnenlicht geradezu fliehen und darin umkommen. Der starke Feuchtigkeitsgehalt der Luft in den Steinkohlenzeiten wie in den vorausgegangenen Epochen ist vielleicht als einer der merkwürdigsten entwicklungsgeschichtlichen Momente aufzufassen. Wahrscheinlich erleichterte er nämlich dem im Wasser geborenen pflanzlichen und thierischen Leben in sehr wesentlicher Weise die Uebersiedelung auf das feste Land. Kiementhiere, die in trockener Luft alsbald sterben, konnten in der feuchtwarmen Atmosphäre lange außerhalb des Wassers leben und so allmälige Umwandlungen in Lungenthiere eingeleitet werden. So verkettet sich in der Erdgeschichte ein Zustand mit dem anderen. Amphibien, Skorpione, Spinnen und Insekten waren die ersten thierischen Ansiedler im Steinkohlenwalde. Und noch jetzt lieben die Salamander, Molche und Tritonen sowie die Urinsekten die tiefe Dämmerung, welche mit einer dunstigen Atmosphäre verbunden ist. O. Heer hat diese Schlüsse nach vielen Richtungen vertieft. Er fand in den nordischen Steinkohlenschichten

Ideale Sumpflandschaft der Steinkohlenzeit.

häufig Reste von Baumfarnen, die noch lebenden, tropischen Arten nahestehen. Er schildert das Vorwiegen Wärme und Schatten liebender tropischer Urinsekten in denselben, namentlich der Termiten und Kakerlaken. Bunte Blumen und Schmetterlinge fehlten diesem Walde, aber die ungemeine Anmuth und Zierlichkeit der Pflanzen-Formen macht den im frischesten Grün prangenden Steinkohlenwald dennoch zu einem lockenden Vorwurf für den Künstler. Auf der beifolgenden Tafel „Steinkohlenwald" sehen wir einen solchen aus Sigillarien, Lepidodendren, Farnen und anderen Pflanzen, die wir später genauer kennen lernen werden, zusammengesetztes Vegetationsbild.

Ueber diesem in allen Schattirungen von Grün und Gelb schimmernden Walde, dem selbst der Herbst keine bunteren Farben entlockt haben dürfte, schien durch dichten Nebel eine gewaltig große, aber vielleicht selbst am Mittage gluthrothe Sonne, so daß glühende Beleuchtungstinten der Landschaft darum nicht gefehlt haben werden. Als weiterer auf den gemeinsamen Polarursprung deutender Charakter kommt die auffallende Gleichförmigkeit seiner Angehörigen, eine merkwürdige Arten-Armuth in Betracht. Wenige hundert überall wiederkehrende Gestalten setzten ihn zusammen. Wenn wir uns ein ähnliches Verhältniß unter den Lebewesen der silurischen Meere durch den allseitigen Zusammenhang derselben erklären können, so scheint die Frage trotz des vorausgesetzten polaren Ausgangsherdes bei den Sumpfpflanzen der Steinkohlenwälder schwieriger. Sie scheint es aber nur und ist es nicht. Denn wenn wir an den sogenannten Bärlappsamen oder das Hexenmehl, dieses unfühlbare Sporenmehl der Lycopodiaceen, mit dem die Kinder eingestreut werden, an den nach der germanischen Sage unsichtbaren, nur den Elfen bekannten, mit Hilfe böser Geister in der Johannisnacht findbaren „Farnsamen" denken, so wissen wir, daß die Fortpflanzungszellen der meisten Gewächse des Steinkohlenwaldes von einer solchen Kleinheit und Leichtigkeit waren, daß ein tüchtiger Sturm zur rechten Zeit die halbe Erde in eine lebendige Staubwolke dieser Sporen gehüllt haben muß. Und wenn dann ein Regen fiel, so war es ein „Schwefelregen", wie wir ihn in solcher Ausdehnung nicht mehr beobachten, ein Regen, der ganze Erdtheile mit gelbem Sporenstaub bedeckte und die Oberfläche von Weltmeeren milchig machte. Wir zweifeln ja nicht daran, daß seit den Jugendjahren der Erde der Wechsel von Regen und Sonnenschein ebensowenig jemals dauernd geruht hat, wie heute. An einen durch Aeonen wirkenden, wenn auch gemilderten Sonnenschein müssen wir aber denken, wenn wir die ungeheure Mächtigkeit der Steinkohlenlager unseres Erdenschooßes überschlagen, und dann mit dem geringen Wachsthum von Torfbildungen in unserer Zeit vergleichen. Die namhaftesten Forscher nehmen heute mit guten Gründen an, daß die Steinkohlen, in denen die Sonnenwirkung vergangener Urzeiten tonnenweise begraben liegt, um von uns als Herdwärme wiedererweckt zu werden, an Ort und Stelle auf

sumpfigem Boden erwachsen sind, und nicht, oder doch nur in einzelnen Fällen aus in Flußschleifen und -mündungen zusammengeflößten Stämmen, wie man neuerdings behauptet hat. Die große Anzahl der Farnabdrücke (Fig. 69 und 70), die man in den Grenzschichten der Steinkohlenlager gefunden, und nach denen bereits mehrere hundert Arten von Farnkräutern bestimmt worden sind, beweisen das Gegentheil. Diese Steinkohlenmoore unterschieden sich von den Torfmooren hauptsächlich dadurch, daß nicht blos

Fig. 69.
Neuropteris flexuosa.

Fig. 70.
Pecopteris arborescens.

Farne der Steinkohlenzeit.

Moose, sondern auch hochstämmige und kletternde farnartige Gewächse in ihnen emporwucherten und nicht blos weiches Zellgewebe, sondern hartes Holz in ihren erhaltenden Schooß betteten. Aber den Proceß der Kohlenbildung werden wir uns, wie zuerst Goeppert hervorhob, als einen der Torfbildung ähnlichen denken müssen, als eine langsame Verwandlung der Pflanzenreste unter Wasser in eine gleichförmige Humus-Masse, in der sich nur schwierig Elemente des zelligen Aufbaus der Pflanzen erkennen lassen.

Es treten ja zweifellos auch Kohlenbildungen andern Charakters schon

in jener Zeit hervor. So ist die auch Bituminit genannte Bogheadkohle, die in dünnen Flötzen von 50—60 cm Mächtigkeit vorkommt, und eine splittrige, im auffallenden Lichte schwärzlichbraune, im durchschimmernden Licht röthlichbraune weiche Masse darstellt, nach den neueren Untersuchungen von Bertrand und Renault eine Sumpfbildung, an deren Entstehung namentlich sogenannte Gallertalgen des Süßwassers, Pila- und Reinschia-Arten theilnahmen. Dagegen ist die vor einigen Jahrzehnten von Mohr aufgestellte Meinung, daß die Steinkohlen im Meere gebildet worden seien, und daß an ihrer Bildung wesentlich Meerestange Antheil gehabt hätten,

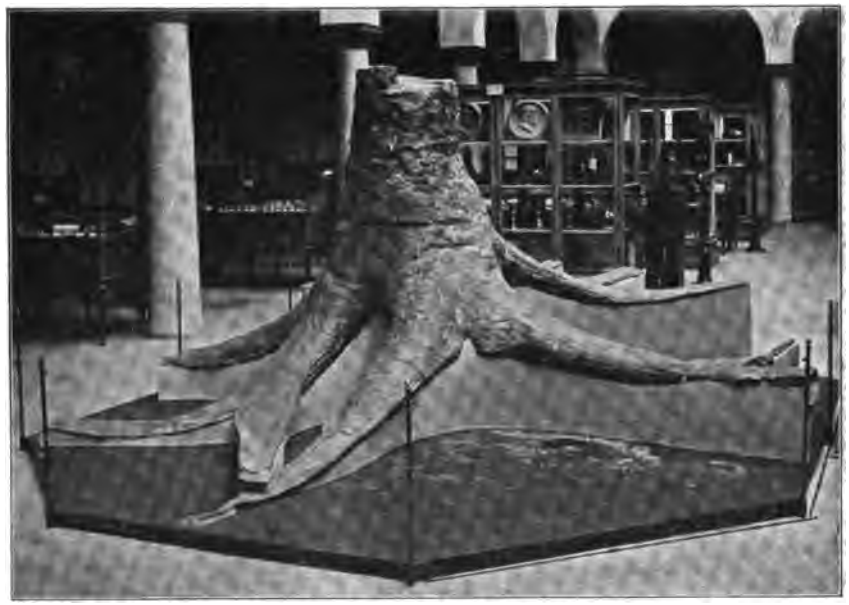


Fig. 71.
Stigmarie im Lichthofe der Berliner Geologischen Landes-Anstalt aus dem Steinkohlenlager des Piesberges bei Osnabrück.
(Nach photographischer Aufnahme.)

von den Fundthatsachen ebenso vollständig widerlegt worden, wie die Ansicht Kuntzes, daß im Meere schwimmende Wälder, deren Stämme senkrecht im Wasser versanken und von ihren wagerecht ausgebreiteten Schwimmwurzeln in dieser Stellung erhalten wurden. Zu dieser pelagochthonen Steinkohlenbildungs-Theorie gaben vor Allem die sogenannten Stigmarien (Fig. 71), die zu den häufigsten Fossilen der Steinkohlenschichten gehören und als die Unterstämme der Schuppen- und Siegelbäume (Lepidodendren und Sigillarien) erkannt wurden, Anlaß. Ihre wagerecht sich ausbreitenden, vom Stamm aus sich gablig (dichotom) verzweigenden mächtigen Wurzeln,

die sich oft über Räume bis zu 8 m Durchmesser erstrecken, sind nämlich rings mit blattartigen Anhängseln (appendices) besetzt, die als Schwimmblätter gedeutet wurden.

Allein genauer betrachtet sprechen diese Stigmarien, die in dem Thonuntergrund der Steinkohlenflötze wurzeln, im Gegentheile dafür, daß die Steinkohlenwaldreste, in denen sie vorkommen, an Ort und Stelle gewachsen (autochthon), nicht von fernher herbeigeschlemmt (allochthon) sind. Denn dieses wagerecht ausgebreitete Wurzelwerk ist, wie dies besonders schön Potonié gezeigt hat, ein besonderes Kennzeichen der Sumpfbäume, die nicht nöthig haben, wie etwa Wüstenpflanzen lange Pfahlwurzeln tief hinab in den Boden zu senken, um beständige Feuchtigkeit zu erreichen, wohl aber eines breiten Fußgestells bedürfen, um in dem schlammigen Grunde der Sümpfe den gehörigen Halt gegen das Umgestürztwerden sowohl wie gegen das Versinken zu finden. Aehnliche breite Fußgestelle haben die Moorkiefern, wie auch die amerikanischen Sumpfcypressen, von denen wir bald zu reden haben werden. Die flachen blattartigen Anhänge der rhizomartigen Wurzeln stehen in Spirallinien um dieselben, ähnlich wie deren Blätter an Stamm und Aesten, und sind wohl als Mittelbildungen zwischen Nebenwurzeln und Blättern aufzufassen, wie ja analoge mit Schuppen oder Blättern besetzte Rhizome bei vielen in lockerem Boden wurzelnden Gewächsen vorkommen. Gewöhnlich sind diese in der Erde wurzelnden Stigmarien schon in kurzer Strecke über dem Ursprung der Rhizome abgewittert, manchmal aber erreichen sie, wie das vorstehend abgebildete Exemplar über Mannshöhe, und zuweilen sieht man sie in die aufrecht gebliebenen Baumstämme der Steinkohlenschichten übergehen.

Eine der gewöhnlichsten Erscheinungen der Steinkohlengruben ist die Wechsellagerung der Kohle mit Thon-, Sandstein- und Kohlenschieferschichten, welche letzteren dann besonders reich an Pflanzenabdrücken zu sein pflegen. Man muß dabei offenbar häufige Schlammüberschwemmungen der Sumpfwälder annehmen, die zuweilen Meeresversteinerungen enthalten, so daß man an Ufer- und Inselwaldungen in Flußmündungen gedacht hat, die in einem langsamen Sinken begriffen waren, und sich nach jeder Ueberschwemmung immer wieder neu mit üppigem Pflanzenwuchs bekleideten. Es ist auch sehr wohl möglich, daß in einzelnen Fällen Schwemmholz an der Kohlen-Bildung betheiligt gewesen ist, wie man in der Jetztzeit häufig gewaltig ausgedehnte Treibholzbänke an den Mündungen großer Ströme und an den Ablagerungsplätzen warmer Meeresströmungen an nordischen Ufern gewahrt. Aber noch häufiger liefern die aufrecht stehenden Baumstämme (Fig. 72), die sich in die über der Kohlensohle lagernde Schlamm- oder Sandsteinschicht hinein erstrecken, den Beweis, daß dort wo sich die Flötze bildeten, ein Sumpfwald stand, der in mehreren aufeinandergefolgten Ueberschwemmungen ganz mit Schlamm und Fluthsand eingehüllt wurde. Diese Vorkommnisse sind leicht zu enträthseln.

Zuweilen sieht man sogar die oben entwipfelten und abgebrochenen Stämme mit ihren ausgebreiteten Wurzeln in einer thonig erdigen Schicht festsitzen, die offenbar während ihres Wachsthums die Bodenoberschicht darstellte. Später sind diese Stämme dann an Ort und Stelle durch Ueberschwemmungen, wie das ja heute auch vorkommt, gänzlich von Schlammablagerungen eingehüllt worden, worauf die obere Krone bald abstarb und verweste, ehe sie von neuen Schlammschichten ebenfalls vollkommen eingeschlossen wurde. Diese aufrecht stehenden fossilen Baumstämme findet man stets noch rund, während die liegenden, die man zuweilen auf Schwemmhölzer deuten kann, in der Regel platt gedrückt erscheinen. Die große Zahl mit dünnen Kohlenbänken wechselnder Gesteinsschichten, welche sich an vielen Stellen finden und die z. B. in der Nähe von Saarbrücken bei einer Ge-

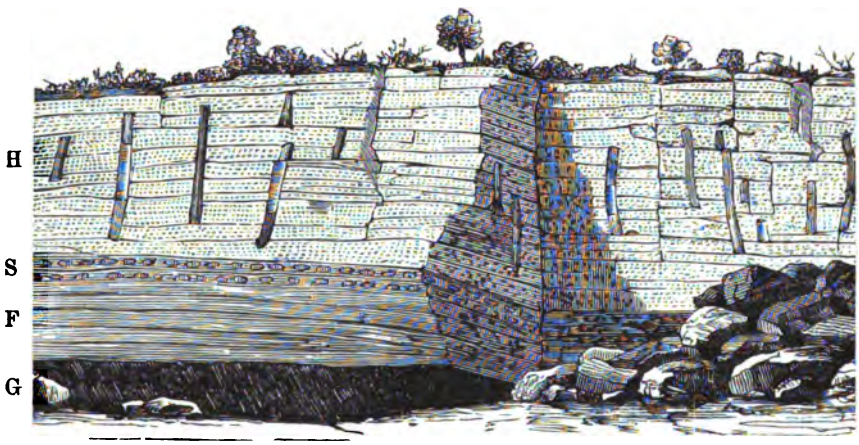


Fig. 72.
Aufrecht stehende Baumstämme im Kohlensandstein von Treuil in Frankreich.
H. Sandstein. S. Kohlenlager mit Thoneisennieren. F. Kohlenschiefer mit Pflanzenabdrücken. G. Steinkohle.

sammt-Mächtigkeit von nur 338 Fuß auf 164 solcher Unterbrechungen des Pflanzenwachsthums steigen, geben eine gute Illustration zu der oben (S. 57) angedeuteten Wahrscheinlichkeit, daß die Ufer des Meeres und der Strommündungen früher viel häufiger als jetzt von Sturm- und Springfluthen heimgesucht worden sein müssen, welche große Schlammmassen über den Uferwald führten und die Stämme stehend einhüllten und tödteten. Ein besonderes Vorkommen macht diese Annahme noch wahrscheinlicher. Sowohl in Europa, als auch in Nordamerika hat man häufig Thierreste in den aufrechtstehenden hohlen Stämmen der Steinkohlenschichten gefunden, welche darthun, daß der Steinkohlenwald nicht nur von Insekten aller Art, sondern auch von zahlreichen Wirbelthieren, die zum Theil auf der Grenze zwischen Amphibien und Reptilen standen, bewohnt war. J. W. Dawson hat vor achtzehn Jahren fünfundzwanzig Stück solcher aufrechtstehenden Baum-

stämme eines Steinkohlen-Abbaues in Neuschottland untersucht und in fünfzehn derselben mehr oder weniger zahlreiche Thierreste angetroffen. In einem einzigen solchen Baume fand Dawson ein ganzes Dutzend Skelette von Mikrosaurien und Labyrinthodonten zusammengedrängt, und dazu noch manche andre Thiere des Steinkohlenwalds, wie Tausendfüßler und Landschnecken, die man bisher nur in solchen aufrechtstehenden Baumstämmen angetroffen hat. Dawson meint, man müsse sich denken, daß solche mit der Zeit ausgehöhlten Baumstümpfe wie eine Art natürlicher Fallen gewirkt haben müßten, in welche die Thiere hineinfielen und nicht wieder emporkriechen konnten. Aber man muß bedenken, daß es sich hier gerade um Thiere handelt, die meist mit Leichtigkeit an senkrechten Flächen emporklimmen, und mir erscheint es daher viel wahrscheinlicher, daß die betreffenden Thiere beim Herannahen der hohen Meerfluthen diese Baumstümpfe erklettert und in ihrem Innern Zuflucht gesucht haben, darinnen aber ertrinken oder verhungern mußten, weil die Ueberschwemmungen sich nicht immer schnell verliefen. Wenn man an die zwölf in einen einzigen hohlen Baumstumpf geflüchteten Molche und Saurier denkt, so erneuert sich vor unserm geistigen Auge ein Bild, wie es die Maler der Sintfluth häufig dargestellt haben; eine Schaar von Thieren, die bei der steigenden Fluth auf die Bäume flüchtet, wobei eines das andre drängt, bis alle Plätzchen besetzt sind, und vom Rande hohler Stümpfe viele in das Innere derselben hinabgestoßen werden. In Anlehnung an die Forderung der ehemals stärkeren Gezeiten erklären sich diese Funde, wie überhaupt die Erscheinung der aufrecht begrabenen Baumstämme ziemlich ungezwungen und man hat nicht nöthig, zu so gewagten Phantasien zu flüchten, wie z. B. die von wiesenartig auf dem Meere schwimmenden Steinkohlenwäldern, die in aufrechter Stellung versunken sein sollen.

Dagegen dürfen wir, ohne dem rückblickenden Verstande Zwang anzuthun, an ein überaus üppiges Pflanzen-Wachsthum in der feuchten Wärme jener Zeit glauben, da ja, wie eben diese Kohlenlager beweisen, Nahrungsstoff in Form von Kohlensäure der Luft in Ueberfülle beigemischt gewesen sein muß. Gerade dieses Sumpfwachsthum, welches die absterbenden Pflanzen erst verhinderte, ihren Kohlenstoffgehalt durch gänzliche Verwesung der Luft zurückzugeben, war, was der Weiterentwicklung des Lebens auf der Erde nothwendig vorausgehen mußte. Es besteht alle Wahrscheinlichkeit dafür, daß in der irdischen Atmosphäre zuerst kein oder nur wenig freier Sauerstoff, diese Lebensluft der Thiere, vorhanden war, und daß sie noch in viel stärkerem Verhältnisse als heute, aus dem indifferenten Stickstoffgase bestand, dem reichliche Kohlensäuremengen beigemengt waren. Fehlte der Sauerstoff ganz, so konnten in ihr nur anaërobische Zellen, wie sie die grünen Pflanzen zusammensetzen, entstehen und gedeihen, denn nur diese vermögen ohne freien Sauerstoff zu leben und im Lichte die Kohlensäure der Luft zu zersetzen, um ihren Körper daraus aufzubauen. Noch die Zelle

der höheren Pflanzen ist anaërobisch und Phipson hat gezeigt, daß z. B. Ackerwinde oder Pfennigkraut (Lysimachia nummularia) sehr wohl unter einer mit reinem Stickstoffgase gefüllten Glasglocke, die mit kohlensaurem Wasser abgesperrt ist, im Lichte gedeihen. Sehr bald zeigt sich dem Stickstoff der Glocke freier Sauerstoff beigemengt, der aus der von der Pflanzenzelle zersetzten Kohlensäure stammt, und nach einiger Zeit enthält die Luft unter der Glocke mehr Sauerstoff als unsre Atmosphäre. Den Zellen der niederen, im Wasser lebenden Algen ist dieses Sauerstoff bereitende Vermögen in noch stärkerem Grade eigen, als denjenigen der höheren Pflanzen, und so waren diese naturgemäß die Vorläufer der Thierwelt, der sie die ihr unentbehrliche Lebensluft lieferten. Aus der grünen anaërobischen Zelle würde dann erst später die aërobische Zelle der Pilze entstanden sein, die nicht ohne freien Luftsauerstoff zu leben und zu wachsen vermag, und ebenso verhält es sich mit der gleichfalls aërobischen thierischen Zelle, die ohne freien Sauerstoff ebenso wenig zu bestehen vermag, und also die luftverbessernde Thätigkeit der Pflanzenwelt voraussetzt, die ihr außerdem Nahrung liefert, da die Thiere nicht gleich der Pflanze im Stande sind, von unorganischen Stoffen zu leben.

Obwohl Sauerstoffbereitung und Kohlensäure-Zersetzung durch die Pflanzen ein und denselben Proceß darstellen, wird doch mit einigem Unrecht immer nur die Befreiung der Atmosphäre von ihrem dem höheren Thierleben schädlichen Uebermaß an Kohlensäure-Gehalt als das Verdienst der üppigen Urwelt-Vegetation gepriesen. Einige Forscher haben es zwar für zweifelhaft erklärt, daß die Atmosphäre jemals viel mehr Kohlensäure enthalten haben kann, als heute, da doch ein reiches Thierleben schon vorhanden war, bevor Steinkohlen- und später Braunkohlenwälder der Atmosphäre Kohlensäure entzogen, aber man muß doch wohl annehmen, daß ein großer Theil des Kohlenstoffs, der später in den Kohlenlagern begraben wurde, vorher in der Atmosphäre enthalten war. Die niedere Thierwelt, die damals lebte, war wohl nicht so empfindlich wie höhere Thiere gegen eine stärkere Beimischung von Kohlensäure, und die niederen Wasserthiere trugen selbst dazu bei, dieses Gift des höheren Thierlebens fortzuschaffen, indem sie dasselbe in ihren Gerüsten und Gehäusen an Kalk banden und damit das Material der Dolomit-, Kreide-, Jurakalk- und Marmor-Felsen schufen. Die Entwicklung des Lebens würde vielleicht ganz verschiedene Wege haben einschlagen müssen, wenn die freie Kohlensäure der Luft, die sich beständig durch die thierische und pflanzliche Athmung, durch vulkanische Ausbrüche, Ausdünstungen des Bodens und der Sauerbrunnen vermehrte, nicht so emsig durch Pflanzen und niedere Thiere bei Seite geschafft worden wäre. Wir können an diesem Beispiele recht gut das gegenseitige Bedingtsein der Entwicklungsvorgänge in der Lebewelt erkennen, und einsehen, wie jede Pflanze und jedes Thier ein Kind seiner Zeit ist, und wie der Zweckbegriff sich in die Naturwissenschaft einschleicht. Es liegt nämlich

bis zu einem gewissen Grade nahe, zu sagen, die Steinkohlenwälder hatten den Zweck, die Luft zu reinigen, damit ein höheres Leben auf der Erde erscheinen konnte, es liegt aber näher zu erwiedern, dieses höhere Leben würde nicht, oder in anderen Formen erschienen sein, wenn diese Kohlenstoffmenge in der Luft geblieben wäre. Die Beziehung ist da, sie läßt nur verschiedene Auslegungen zu und Jeder nimmt die ihm denkgerechteste. Jedenfalls waren die baumartigen Schafthalme und Lycopodien ebenso die Säuglinge einer solchen stickigen Atmosphäre, wie die höheren Thiere der späteren Zeit von ihrer Geburt her an die Athmung reinerer Lüfte gewöhnt sind.

Daß auch für die späteren Epochen die Polargebiete Ursprungsmittelpunkte der Lebensformen gewesen sein dürften, wird nach der Ansicht des Grafen Saporta durch die Thatsache unterstützt, daß alle Formationen, die auf die Steinkohlenformation folgten, namentlich Jura-, Kreide- und Tertiärbildungen reichlich in den Felsen dieser Gebiete vertreten sind, und daß ihre organischen Einschlüsse in jedem einzelnen Falle denjenigen niederer Breiten sehr ähnlich erscheinen. Der erste Wechsel, der sich in den späteren Zeiten andeutet, scheint eine etwas größere Aufhellung der dunstigen Atmosphäre gewesen zu sein, denn allmälig traten Pflanzen und Thiere auf die Weltbühne, deren heutige Verwandte den Sonnenschein mehr lieben, als diejenigen der Pflanzen und Thiere des Steinkohlenwaldes. Es erscheint nicht unbedingt nöthig, daß damit eine erhebliche Temperatursteigerung verbunden sein mußte, denn was die Wärmezufuhr erleichtert, begünstigt im selben Maße auch die Ausstrahlung, so daß die Bilance dieselbe bleiben konnte. Man hat die mittlere Lufttemperatur der Erdoberfläche zur Zeit der Steinkohlenwälder auf 25—30 C. geschätzt, und dieselbe Temperatur ist man geneigt, auch für die sogenannte Sekundärzeit aus der heutigen geographischen Verbreitung der Pflanzen- und Thierfamilien abzuleiten, die damals lebten. Aber zu jener Zeit war dieses Klima ein gleichmäßiges vom Aequator bis zu den Polen, denn von Indien bis in höhere Breiten lebten Palmenfarne und andere Pflanzen, deren Verwandte jetzt nur in Ländern der oben genannten Mitteltemperatur gedeihen. Es war die Zeit der sogenannten Ursamenpflanzen (Cycadeen und Coniferen), die aber in größerer Formenmannigfaltigkeit als heute auftraten, und neben den wie heute Nadeln tragenden Zapfenbäumen sah man ehemals zahlreiche breitblättrige Formen, namentlich aus der Verwandtschaft der Taxusbäume, die das Laubholz, welches damals noch fehlte, physiognomisch ersetzten. Und zur selben Zeit baueten in Mitteleuropa Korallen, wie sie jetzt nur noch in der Südsee leben, die mächtigen Korallenbänke auf, die wir namentlich im Jura-Gebirge antreffen, nach welchem die Zeit, von der wir sprechen, die Jurazeit genannt worden ist. Unsere „ideale Landschaft der Jurazeit" zeigt ein Küstenbild mit Korallenbänken und Atollen, Palmenfarnen (von der ausgestorbenen Gattung Pterophyllum), einem wärmeliebenden fossilen

Ideale Landschaft der Jura-Zeit.

Nadelholz (Thuites) und den schwimmenden und fliegenden Reptilien, sowie reptilschwänzigen Vögeln, die jene Zeit charakterisiren.

Die Reptilien, deren Herrschaftsperiode dieses Weltalter charakterisirt, bedürfen zu ihrem Wohlbefinden, aus Mangel an eigener lebhafter Wärme-Entwicklung ihres Blutes, und zur Ausbrütung ihrer Eier einer hohen Luftwärme, wie sie ehemals in allen Zonen vorhanden war, so daß wir ihr damaliges Gedeihen wohl begreifen und es verstehen lernen, warum in jener Periode eine ungeheure Mannigfaltigkeit von Reptilformen Erde, Luft und Wasser bevölkerte. Es gab damals Wiesen und Wälder abweidende, elephantengroße, aber doch vielleicht harmlose Reptile, Schwimm- und Wat-Reptile mit kurzen Ruder- oder langen Stelzfüßen, känguruhartig springende und fliegende, und endlich Raubreptile, welche durch ihr Gebiß Krokodile und Löwen unserer Zeit in Schatten stellen. Später werden wir ausführlicher von ihnen zu berichten haben. Noch gegen das Ende ihrer Herrschaft, zur sogenannten Kreidezeit, wuchsen am Golfe von Omenak in mehr als 70° n. Br. Cycadeen, tropische Farne (Gleicheniaceen) und tropische Nadelhölzer (Tsuga- und Araucaria-Arten) und erst damals machte sich ein in der Vegetation ausgedrückter, geringer klimatischer Unterschied zwischen höheren und niederen Breiten geltend.

Die ersten Anzeichen einer beginnenden stärkeren Abkühlung in jenen höheren Breiten werden durch die jüngeren Coniferen geliefert, welche in den dortigen unteren Kreideschichten auftreten. Ihnen folgte die erste Erscheinung von Laubbäumen mit hinfälligen Blättern, welche ihrerseits den Zeitabschnitt bezeichnen, in welchem dort das Sommer- und das Winterklima zuerst in einen merklichen Gegensatz zu treten begannen. Graf Saporta betrachtet das am Pole beginnende Auftreten der Bäume mit fallendem Laube als die größte Revolution im Pflanzenreiche, welche die Erde jemals gesehen hat, und stellte von da ab eine Zunahme derartiger Bäume bis zur Gegenwart fest. Es ist wichtig, hierbei zu bemerken, daß es genau dieselbe Epoche ist, in welcher die Thiere mit warmem Blute begonnen haben, sich zu verbreiten und zu vervielfältigen. Die niederen Wirbelthiere sind gleich den Wirbellosen sogenannte kaltblütige, richtiger ausgedrückt wechselwarme Thiere, d. h. ihre Körpertemperatur steigt und fällt mit dem Wärmegrade des umgebenden Mittels (Luft, Wasser, Erde), in welchem sie leben. Sie sind nur zu einer geringen, eigenen Wärme-Entwicklung befähigt, und bei Polypen, Medusen, Stachelhäutern, Krustern, niederen Mollusken und Cephalopoden fand Valentin meist Temperaturen, die nur um $^1/_8$ bis $^3/_8$° über die des Mittels hinausgingen. Bei den Insekten trifft man häufiger 1—2° Eigenwärme und bei starker Erregung durch Anstrengung oder anhaltenden Flug treten auch größere Wärmeüberschüsse auf, die, nebenbei gesagt, die Körper durch Verdünnung der Binnenluft in kleine Montgolfièren verwandeln und solchen Thieren (z. B. den Wanderheuschrecken) den Dauerflug erleichtern mögen, aber diese Ueber-

schüsse sind vorübergehend und erheben die Thiere nicht über den Kreis der Wechselwarmen.

Aehnlich verhält es sich mit den niederen Wirbelthieren: Fischen, Amphibien und Reptilen, die zwar zeitweise eine Verdauungs- oder Erregungswärme entwickeln, welche bei Reptilen bis zu 8° über die äußere Temperatur gehen kann, aber bei trägen Thieren und in den gewöhnlichen Zeiten wenig oder gar nicht darüber hinausgeht. Sutherland setzte eine größere australische Eidechse (Cyclodus gigas) in einen Behälter, der so hoch mit Wasser gefüllt wurde, daß nur die Schnauze emporragte, erwärmte dann das zuerst 19° warme Wasser innerhalb 8 Stunden allmälig bis auf 35° und ließ es sich ebenso langsam wieder abkühlen, wobei er häufige Messungen der Wasserwärme und der Körpertemperatur des Thieres vornahm. Das beistehende Diagramm (Fig. 73) zeigt die für die wechselwarmen Thiere typische Gleichförmigkeit des Steigens und Fallens der Körperwärme mit der äußeren. In der Luft war das Blut dieser Thiere durchschnittlich etwas kühler als die mittlere Tagestemperatur, weil es nach der Nachtkühle sich nur langsam erwärmte. Die Vorliebe vieler Wechselwarmen für Besonnung ist daher sehr begreiflich. Was geschah nun mit diesen Thieren, die keiner eignen Wärme-Entwicklung fähig sind, als die Mitteltemperatur ihrer Heimath in den höheren Breiten erheblich sank, und sich dort ein eigentlicher Winter einstellte?

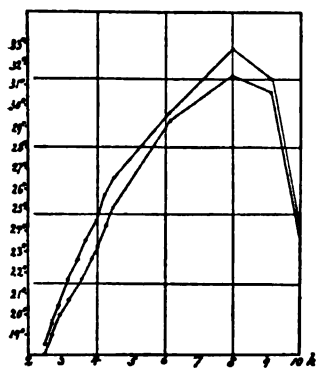


Fig. 73.
Gleichmäßiger Gang der Temperatur eines Wasserbeckens und der darin befindlichen Eidechsen. Obere Linie: Wasserwärme. Untere Linie: Eidechsenwärme. Nach Sutherland.

Die meisten jener an derartig hohe Temperaturen gewöhnten Wirbellosen und Wirbelthiere führen heute außerhalb der wärmeren Zonen, ähnlich den Bäumen mit abfallendem Laube nur ein Sommerleben; viele überleben die ersten Herbstfröste überhaupt nicht oder kapseln sich ein oder graben sich tief in die Erde. Die chemischen Erscheinungen des Lebens gehen dann vielfach im Winterschlaf auf ein Minimum zurück, das arterielle und venöse Blut der Reptilien vermischt sich alsdann. Im Mittelalter erörterte man die Frage, in welcher Jahreszeit die Welt erschaffen worden sei, und entschied sich dafür, daß dies im Frühling, der Zeit des Sprossens und Verjüngens geschehen sei, heute würden wir eher sagen dürfen: im Sommer, denn die Welt ist viel kälter seitdem geworden. Viele Pflanzen und Thiere, die ehemals in unsern und noch höhern Breiten wohnten, haben sich später für immer in die tropischen Gebiete zurückgezogen, andere haben sich der Kälteperiode durch den Winterschlaf angepaßt, wie die Insekten, Landschnecken, Amphibien und Reptile; Wasserthiere finden im Grunde der Gewässer stets

eine frostfreie Zone. In mancher Beziehung scheinen sich auch das chemische Leben und die Körperstoffe der Thiere der sinkenden Welttemperatur angepaßt zu haben. Während im Laboratorium das Pepsin des Säugethieres die Eiweißstoffe der Nahrungsmittel erst bei 38° löst, wirkt das Pepsin des Reptils schon bei wenig über Null auflösend. Hatte es diese Fähigkeit schon in der wärmeren Urwelt oder ist das ein Nothbehelf der jüngeren Zeit?

Einen andern Ausweg fand die jüngere Thierwelt durch Ansammlung eigener Wärme im Körper; es folgten mit der abnehmenden äußern Wärme an der Erdoberfläche, auf die *älteren wechselwarmen Thiere* oder sogenannten *Kaltblüter*, deren jeweilige Körperwärme sich nur unerheblich oder vorübergehend über die Außentemperatur erhebt, die *jüngeren warmblütigen Thiere*, die sich einer mehr und mehr von der Außenwelt unabhängigen, *konstanten Eigenwärme* näherten, sich in Pelz und Federn kleideten, um diese Wärme zusammenzuhalten, und daher auch Wärmeherabsetzungs-Einrichtungen erforderten, damit die Ansammlung nicht zu bedrohlichen Graden steigen könne. Natürlich konnte ein solcher Fortschritt, der es ermöglichte, auch die kälter gewordenen Gebiete zu bewohnen, ohne in Winterschlaf zu verfallen, nur allmälig erfolgen; es mußten naturgemäß den wechselwarmen Thieren zunächst Thiere mit einem mäßigen Wärme-Aufspeicherungsvermögen folgen, wie es noch heute Schnabelthiere, Zahnarme, Beutler u. A. zeigen, die von der Erreichung einer konstanten Eigenwärme noch weit entfernt sind, aber stets eine erheblich über die Außenwärme hinausgehende Eigenwärme erreichen, und ihre für ihre Entstehungszeit genügende, heute aber nur noch für wärmere Zonen ausreichende Körperwärme hat sich dann in ihren Nachkommen und den jüngern Thiergeschlechtern immer weiter bis zu einem feststehenden Betrage gesteigert. Dieser gesammte, natürlich erst durch die Entwicklungslehre zur Bedeutung gelangte Forschungszweig ist in neuerer Zeit durch die Wärmemessungen von *Mikluho-Maklay*, *Semon*, *Quinton*, *Sutherland* u. A. zu einem sehr anziehenden Ueberblick erweitert worden.

Den Anstoß gaben des erstgenannten Forschers Wärmemessungen an Schnabelthieren. Diese als sog. *Kloakenthiere* zur besonderen Säugerordnung erhobenen Thiere, wurden im Beginn unsers Jahrhunderts einzig ihres an Reptile erinnernden anatomischen Baues wegen zu unterst in die Stufenleiter der Säugethiere gestellt. Als Mittel dreier Messungen fand nun *Mikluho-Maklay* die Temperatur des Wasserschnabelthieres zu 24,8° bei 22,2° Wasserwärme, während diejenige der höhern Säugerordnungen bei guter Gesundheit nicht unter 37° hinabgeht, und nicht über 40° steigt, im Mittel 39° beträgt. Das Wasserschnabelthier (*Ornithorhynchus paradoxus*) mit nur 24,8° konnte demgegenüber beinahe als Kaltblüter bezeichnet werden und bezeugte demnach auch durch seine Blutwärme, daß die Organisation und Wärmeerzeugung in ihm noch nicht weit über die des Reptils emporgestiegen ist. Die einzige außerdem noch vertretene Gattung

der Kloakenthiere, die der ebenfalls heute auf den fünften Welttheil und seine nähere Umgebung beschränkten Ameisen-Igel (Echidna) sind bereits zu höherer Wärmeerzeugung gelangt; Sutherland fand bei E. hystrix als Mittel von 27 Messungen 29,4°. Aber trotz dieser schon erheblich höheren Temperatur verrathen diese Thiere ihre Verwandtschaft mit wechselwarmen Reptilen noch durch ihre von der Lufttemperatur stark beeinflußte Eigenwärme. An einem kalten Morgen fand dieser Beobachter bei einem solchen Thier die Körperwärme auf 22° herabgegangen, bei einem in einem Sacke der Mittagssonne ausgesetzten Thiere auf 36,6° gestiegen. Die Körperwärme folgt also annähernd, wie das beistehende Diagramm (Fig. 74) zeigt, noch immer der Luftwärme, und es verräth sich hierin ein für ein Säugethier ungeheuerlicher Spielraum, der auf einen wahrhaft reptilischen Mangel an Regelungsfähigkeit für die Körpertemperatur hindeutet.

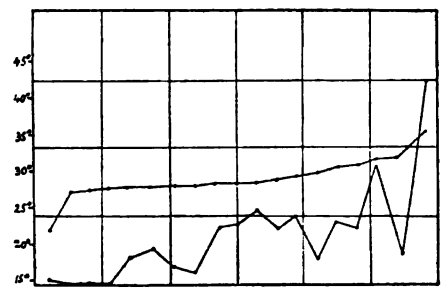


Fig. 74.
Unvollkommne Uebereinstimmung der Blutwärme mit der Luftwärme bei Echidna. Nach Sutherland. Obere Linie: Echidna-, Untere Linie: Luftwärme.

Die nächste Stufe der auf anatomische Merkmale begründeten Abtheilung der Säuger führt zu der Ordnung der Beutelthiere, deren nächste Verwandte in der Secundärzeit herrschend waren und die höchste Stufe der damals erreichten Säuger-Organisation bezeichneten. Auch bei ihnen ist die Blutwärme nicht so hoch und stetig, wie bei den seit Beginn der Tertiärzeit aufgetretenen höhern Säugern, denn das Mittel aus 126 an 16 verschiedenen Beutlerarten angestellten Beobachtungen betrug 36°, also 3° unter dem Mittel der höhern Säuger. Zu unterst unter ihnen standen die verschiedenen Wombat- (Phascolomys-) Arten mit 34 bis 34,3°, dann schienen die Flugbeutler (Petaurus) mit 35,7°, und dann der kleine Beutelbär oder Koala (Phascolarctos cinereus) mit 34,9 bis 38,4°, im Mittel 36° zu folgen, bei dem nur noch eine geringe Beeinflussung durch die äußere Wärme merklich war, wie dies Fig. 75 deutlich erkennen läßt. Beutelmarder (Dasyurus-), Kusu-(Phalangista-)Arten, Opossums (Didelphys) und Känguruhs ergaben Mittel von 36 bis 37°; sie haben demnach die Blutwärme der höhern Säuger und des Menschen (37°) nahezu oder völlig erreicht. Bei den höheren Säugethieren, deren Verwandte schon in den frühesten Perioden der Tertiärzeit aufgetreten sind, bewegen sich die Bluttemperaturen zwischen denselben Zahlen (35° bis 37°), doch sind sie bei den einzelnen Arten beständiger und nicht mehr so stark von der Luftwärme beeinflußbar wie bei den Beutlern. Bei den jüngern von ihnen steigt sie oft über die menschliche Blutwärme, so bei Ratte, Affe und Eichhörnchen auf

38,1 bis 38,9°, bei Katze und Panther auf 38,9°, bei Ziegen, Kaninchen, Schafen, Elenn, Hasen und Schweinen auf 39,3° bis 39,7°. Die höchsten Blutwärmen kommen bei den Vögeln vor, unter denen sie nur bei einigen Straußvögeln unter 40° (39,5° bei den Emus) bleiben, bei allen Flugvögeln aber über 40° steigen und bei den höhern Vögeln vielfach 42° und darüber erreichen.

Der Schluß liegt nahe, daß sich mit der höheren Blutwärme auch die Leistungsfähigkeit des Organismus z. B. in geistiger Beziehung gesteigert haben wird. Wir wissen, daß die „kaltblütigen" Thiere geistig ziemlich stumpf sind, und weder durch körperlichen Schmerz noch durch angenehme Erlebnisse lebhafter erregt werden oder doch wenigstens dies nicht äußern. „Kalt wie ein Fisch oder ein Frosch" nennen wir daher auch phlegmatische Menschen, denen alles gleichgültig ist, heißes Blut schreiben wir den Sanguinikern zu. Aus den Erfahrungen an Erfrierenden, die mitunter aus dem Todesschlafe erweckt werden, wissen wir, daß die anfänglich sehr unangenehmen Frost-Gefühle, wenn der Körper kein Mittel mehr findet, die abgehende Wärme zu ersetzen, allmälig schwinden; der Körper wird erst gefühllos und dann bewußtlos; die Erfrierenden schlummern sanft hinüber. Die Psyche vermag demnach nur bei Erhaltung einer entsprechenden Blutwärme ihre höheren Aufgaben zu erfüllen.

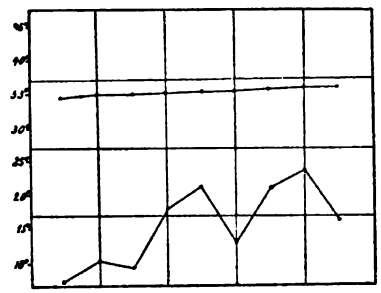


Fig. 75
Geringe Beeinflussung der Blutwärme des Koala durch die Luftwärme. Nach Sutherland. Obere Linie: Koala-, Untere Linie: Luftwärme.

Mit der in den aufeinanderfolgenden Erd-Epochen gestiegenen Blutwärme der höhern Wirbelthiere steht nun ein anderer wichtiger Fortschritt des Lebens im innigsten Zusammenhange, die Verwendung dieses Wärmeüberschusses zur Brutpflege. Die älteren Thiere waren fast ausnahmslos eierlegend, und die zu ihrer Zeit höhere Luftwärme reichte vollkommen dazu aus, diese Eier zur Reife zu bringen. Bei nichtbrütenden Thieren müssen diese Eier (z. B. bei vielen Insekten und andern niedern Thieren) den Winter überdauern, weil erst im nächsten Frühjahr oder Sommer die Luftwärme genügt, sie zur Reife zu bringen. Die Eier der Brückenechse (Hatteria) Neuseelands, eines Thieres, dessen nächste Verwandte im Beginn der Secundärzeit lebten, liegen jetzt 13 Monate, bevor sie auskommen, obwohl sie an sonnigen Plätzen in Erdgruben abgelegt und mit Moos und welkem Laube bedeckt werden. Die Eier unsrer bis nach Ostpreußen und Mecklenburg verbreiteten Teichschildkröte (Emys orbicularis) kommen nach Rollinat in Frankreich nicht vor dem 22. bis 23. Monat aus. Einige Thiere haben es gelernt, ihre Eier mittelst einer Art Brutmaschine auszubringen, so die

Alligatoren und Großfußhühner oder Wallnister, welche ihre Eier in aus Pflanzentheilen und Schlamm geschichteten Erdhügeln durch die Gährungswärme der organischen Beimischungen ausbringen, wie die Talegalla-Hühner Australiens (Fig. 76), oder gar vulkanische Wärmequellen dazu ausnützen. So sah Studer während der Gazellen-Expedition Megapodius

Fig. 76.
Brutstätten des Talegalla-Huhnes (Talegalla Lathami). Nach einer Zeichnung Goerings für die „Gartenlaube."

Freycinetti auf Neubritannien die großen Eier in Gängen des schwarzen, sich in der Sonne stark erwärmenden Lavasandes zur Ausbrütung unterbringen; die Gebrüder Sarasin beobachteten vor einigen Jahren auf Celebes eine entsprechende Benutzung des warmen Sandes in der Nähe heißer Quellen und Lauterbach fand im Bismarck-Archipel (Neupommern) jüngst sogar Großfußhühner beschäftigt, einen erst 1870 entstandenen Vulkan zur Brutmaschine zuzurichten, indem sie in die noch warme Lava flachere oder tiefere Löcher gruben, je nachdem sie schon in geringeren oder erst in größeren Tiefen den für die Ausbreitung ihrer Eier erforderlichen, günstigsten Wärmegrad antrafen. Doch das sind Nothbehelfe oder Ausflüchte bei Thieren, die den zum Brüten erforderlichen Wärmegrad wohl selbst erzeugen

könnten. Als nämlich die Bluttemperatur bei den zuletzt erschienenen Wirbelthieren, den Vögeln und Säugern zum Ersatze der gesunkenen Außenwärme stark gestiegen war, und auch ihre Sprößlinge einer stärkern Wärmezufuhr bedurften, bahnten sich zwei ganz verschiedene Auswege, diesem Bedürfnisse zu genügen: die Aufnahme der jungen Keime in innere oder äußere Bruttaschen, in denen sie ausgetragen werden, bei den Säugethieren und die außerhalb des mütterlichen Körpers verlaufende Bebrütung, welche bei den Vögeln erforderlich war, um den Flug nicht durch Mitnahme der Eier allzusehr zu beschweren. Auch bei einzelnen spät erschienenen Reptilen findet Bebrütung statt. Es ist nicht allgemein bekannt, daß auch Pythonschlangen ihre Eier ausbrüten und dazu zeitweise einen Wärmeüberschuß von 11 bis 14° über die Außentemperatur erzeugen. Bei den Säugethieren erforderte der neue Weg der Jungen-Austragung eine beträchtliche Umgestaltung des Körpers, die bei den noch Eier zur Welt bringenden Schnabelthieren anhob, bei den Beutlern und ähnlichen Säugern der Secundärzeit fortschritt, aber erst im Beginn der Tertiärzeit zu solchen Stufen vorgeschritten zu sein scheint, wie wir sie heute bei ihnen finden. Mit diesen Fortschritten der Brutpflege, die wir später genauer kennen lernen werden, knüpfte sich ein engeres Band zwischen Eltern und Jungen, als es in den ältern Epochen bestanden hatte und gereichte hinfort beiden Theilen, den Jungen und den Alten zum Vortheil und Segen.

Die Reptile, welche ihren Jungen diese natürliche Wärme meist nicht bieten konnten, mußten sich in den kälter gewordenen Strichen vermindern und auf wärmere Zonen zurückziehen. Auch noch in anderer Beziehung wurde diese Theilung der Erde in Zonen verschiedener Wärme für die Thierwelt folgenreich. Es leiteten sich damit jene Thierwanderungen ein, die ein wechselndes Klima erzwingt, und die wahrscheinlich durch die Neuanpassungen an andere Lebensbedingungen sehr viel zur Vermannigfaltigung der Lebensformen beigetragen haben. Diese Wanderungen waren theils wirkliche Auswanderungen auf Nimmerwiedersehen aus unwirthlich werdenden Ländern, theils periodische Jahres-Züge mit Heimkehr in der besseren Jahreszeit und für beide haben schmale Landbrücken und Wasserstraßen eine so große Bedeutung gehabt, daß es sehr wichtig ist, die Land- und Meerengen der vorzeitlichen Epochen kennen zu lernen. Die Verbreitung der Säuger und aller solchen Thiere, die Wasserscheiden nicht überfliegen können, in den älteren Epochen der Erde, würde ganz unverständlich sein ohne Kenntniß der Landbrücken, die ehemals Nordasien mit Nordamerika, dieses mit Südamerika, Europa mit Afrika u. s. w. verbanden. Erst durch die genauere Kenntniß der Zeiten, in denen diese Brücken entstanden und verschwanden, erhält unsere Thiergeographie der Jetztwelt ihre wissenschaftliche Grundlage. Aber auch für das Verständniß der Flugstraßen der Vögel scheint dieses Vorzeitstudium nicht ohne Wichtigkeit. Forscher, die es unternommen haben, die Instincte der Thiere zu enträthseln, sind so weit

gegangen, zu vermuthen, daß den Vögeln, die über das Mittelmeer fliegen, die Kenntniß eines jenseits befindlichen wirthlichen Landes aus einer Zeit verblieben sei, wo sie dieses Land in kleineren Stationen mit Benutzung einer Landbrücke erreichen konnten. Die vornehmlichste Ursache dieser Wanderungen dürfte, alles recht erwogen, die sein, daß der Sonnenball inzwischen seinen Umfang beträchtlich vermindert hatte und den Polen zeitweise seine Strahlen für längere Perioden zu entziehen begann.

Mit dem im Vorstehenden berührten Erscheinen der höheren Säuger sind wir in die dritte große Epoche der Lebensformen, in die Tertiärzeit eingetreten und werfen zunächst einen Blick auf die Dekorationen dieses Aktes des großen Weltendramas. Das Vorherrschen der nacktsamigen Pflanzen (Gymnospermen), zu denen die Palmenfarne (Cycadeen) und Nadelhölzer des Inselmeeres der Jurazeit gehörten, hat nun sein Ende gefunden; schon in kreidezeitlichen Schichten finden wir Reste von Monokotyledonen und Dikotyledonen, den beiden Abtheilungen der jüngeren Pflanzenwelt. An die Stelle der Farntriften und Schafthalm-Wiesen sind Grasflächen getreten, Blumen haben sich unter das Gras und Laubhölzer unter das Nadelholz gemischt. Zunächst überwogen unter diesen jüngeren Pflanzen freilich solche, deren Blüthen von den Winden, die ihnen wie den Nadelhölzern und andern Pflanzen der älteren Erdepochen den Blumenstaub zutrugen, befruchtet wurden. Solche Pflanzen haben unscheinbare, grünliche oder bräunliche Rispen- und Kätzchenblüthen, aber dann erschienen Blumeninsekten, die von dem Honig und Blumenstaub der Blüthen zehrten und die Ausbildung echter Blumenpflanzen hervorriefen. Die Erhebung der Alpen, welche in dieser Epoche stattfand, gab Anlaß zur Entstehung einer Gebirgsflora, indem sich Pflanzen der Ebene dem kurzen Sommer und den schroffen Gegensätzen der Tag- und Nachttemperatur in der Nähe der Gipfel anpaßten, und einen gedrungenen Wuchs mit Wurzelblattrosetten und kurzen Blüthenstielen annahmen, an deren Spitze scheinbar vergrößerte Blumen in gesättigten Färbungen prangten. Es sind dies meist ausdauernde Pflanzen mit starken Wurzeln und Rhizomen, bei denen sich der Haupttheil der vegetativen Organe unter die schützende Erd- und Schneedecke verlegt hat, so daß nach der Schneeschmelze die von den Reservestoffen der Wurzeln genährten Blüthen alsbald hervorbrechen und in dem kurzen Sommer noch Samen reifen können.

Die Gebirgszüge begünstigten, ebenso wie die Wasserläufe des Festlandes die Abgrenzung von Pflanzenzonen und die Alpen im Besonderen schieden später immer vollkommner die Mittelmeerflora von denjenigen der nordischen Gebiete ab. Die genauere Durchforschung dieser letzteren in Europa liefert untrügliche Beweise dafür, daß damals die allmälige Abkühlung des Klimas in jenen Breiten bereits weit vorgeschritten war, und da gleichzeitig das mittlere Europa noch ein warmes Land war, beweisen sie uns, daß die Abkühlung an den Polen begonnen hatte und sprechen

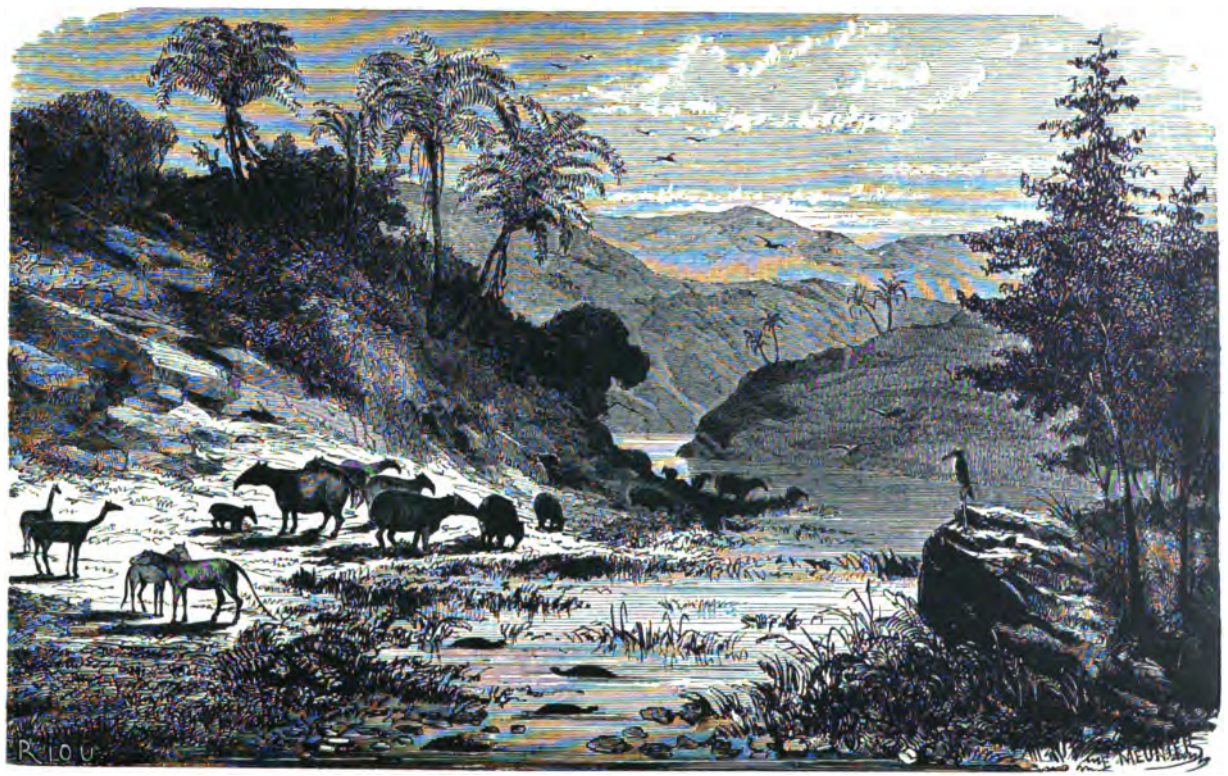
dafür, daß dieselben ihre Lage niemals verändert haben, außer möglicherweise in den schon erwähnten kleinen Kreisen. Unter den fünfundzwanzig Pflanzenarten der mittleren Tertiärzeit, die Heer aus Grinnelsland erhielt, gehören Zweifünftel den Nadelhölzern an und mehrere nähern sich jetzigen Formen, z. B. unserer Silbertanne und der virginischen Sumpfcypresse. Die Laubbäume dieser dem Nordpol benachbarten Striche trugen durchweg als Zeichen einer bereits sehr ausgesprochenen Winterjahreszeit abfallendes Laub. Es befanden sich darunter die Polarpappel, eine Haselnuß und eine Birke, die den unsrigen so ähnlich sind, daß man sie als deren Vorfahren betrachten möchte, eine Viburnum-Art, Seerosen und Schilfarten. Daneben gediehen noch manche Pflanzengeschlechter in unseren Breiten, welche die im Beginne der jetzigen Epoche eingetretene Eiszeit in Europa gänzlich vernichtet hat, die aber in Ostasien (Japan) und Nordamerika fortleben. Ueberhaupt war die europäische Flora und zum Theil auch unsere Thierwelt der nordamerikanischen Fauna und Flora zur Tertiärzeit so ähnlich, daß einige Naturforscher geglaubt haben, ein großes Festland, dem man den Namen der sagenhaften Atlantis gegeben hat, als größere Brücke für Hin- und Herwanderung von Thieren und Pflanzen im Atlantischen Ocean während dieser Epoche annehmen zu müssen. Dasselbe sei später versunken, so daß nur noch einige seiner Bergspitzen in Gestalt der kanarischen Inseln und Azoren aus dem Wasser aufragen. Andere Naturforscher halten dagegen das gemeinsame Ausstrahlungs-Gebiet der Flora im Norden zur Erklärung der Uebereinstimmungen in den tertiären Pflanzenformen der nordischen alten und neuen Welt für vollkommen ausreichend, während der Austausch der höheren Säugerformen (Pferde, Elephanten, Nashörner, Kamele, Hirsche u. s. w.) wahrscheinlich über eine damals langdauernd im Behringsmeer bestandene Brücke stattgefunden hat. Auf dort liegenden Inseln, welche Ueberreste dieser Brücke darstellen, gräbt man noch heute Mammutreste aus. Südamerika erhielt von dieser tertiären Gemeinsamkeit mit den Thieren und Pflanzen der alten Welt keinen Antheil; es war bis zur mittleren Tertiärzeit von Nord-Amerika mehr oder weniger vollkommen durch Wasser geschieden. Die Landenge von Panama erhob sich erst zur Miocän-, frühestens zur Oligocän-Zeit.

Man ersieht aus diesen Andeutungen, daß wahrscheinlich bis zur Eocänzeit in der Polarzone dieselben Bäume und Kräuter wuchsen, deren Nachkommen jetzt in das mittlere Europa, Asien und Amerika hinabgewandert sind. Von da ab finden wir aber in den höheren Breiten nicht mehr dieselben Pflanzen wie in den niederen; denn zur selben Zeit wuchsen im mittleren Europa bis jenseits des fünfzigsten Breitengrades noch Zimmtbäume und Palmen. Es herrschte damals eine Mitteltemperatur, die um etwa 9° höher gewesen sein wird, als die jetzige in Mitteleuropa, d. h. etwa 20° C. in Süddeutschland, 15—16° in Norddeutschland. Im Beginne der Tertiärzeit, der unsere Tafel „Mitteleuropäische Landschaft der Eocän-

zeit" gewidmet ist, mag die Mitteltemperatur noch um 3—5° höher gewesen sein. Dieses Bild will eine Oertlichkeit der damals mit Palmen geschmückten Umgebung von Paris aus der älteren Tertiärzeit versinnlichen, und hat die in dem dortigen Becken gefundenen Reste der Vorfahren unserer Hufthiere zu neuem Leben auferweckt. Wir sehen um das kleine mit Schildkröten besetzte Wasserbecken das tapirartige Paläotherium weiden, links im Vordergrunde steht das Xiphodon, welches man für einen Vorgänger der Hirschfamilie ansieht, und ganz vorne das Anoplotherium, welches die Charaktere der Schweine und Wiederkäuer noch in seinem Bau vereinigte. Elephanten, Nashörner und in den Bäumen kletternde Affen machten in späteren Perioden des Tertiär die Landschaft Mitteleuropas noch fremdartiger und tropenähnlicher. Auch mehrere den Gibbons Asiens verwandte menschenähnliche Affen befanden sich darunter.

Die Tertiärepoche ist auch die Entstehungszeit unserer Braunkohlenlager und die Blüthezeit der Bernsteinwälder, deren reichliche Harzergüsse so manches Insekt und andere Kleinthier, welches sonst spurlos aus den Annalen der Vorwesenkunde verschwunden sein würde, mit den zartesten Details erhalten haben. Hinsichtlich der Braunkohlenlager ist die nämliche Meinungsverschiedenheit aufgetaucht, die wir bereits oben bei der Besprechung der Steinkohlenbildungen erwogen haben, ob nämlich die Braunkohlen, die bei Weitem nicht so stark in der Umwandlung ihres Gefüges und Stoffinhaltes fortgeschritten sind als jene und vielfach noch deutlich die holzige Structur erkennen lassen, autochthonen Ursprungs, d. h. aus Hölzern entstanden sind, die an Ort und Stelle gewachsen waren, oder allochthonen Ursprungs, d. h. aus näherer oder weiterer Ferne in den Braunkohlenmulden zusammengeschwemmt worden sind. Es läßt sich nun auch hier in keiner Weise in Abrede stellen, daß solche Ansammlungen von Treib- oder Schwemmhölzern zu gewaltigen Bänken ebenso wie jetzt, auch früher stattgefunden haben werden und zuweilen, wenn sie lange vom Wasser bedeckt blieben, zu Braunkohlenlagern geworden sein müssen. In einem Seitenarm des Mississippi, dem Atchafalaya hat man beispielsweise eine im Laufe von 38 Jahren gebildete Treibholzbank aufgefunden, die mehrere engl. Meilen lang und 8 Fuß tief war. Allein es erscheint unstatthaft, solche Vorkommnisse zur Regel oder auch nur zur vorherrschenden Ursache von Braunkohlenbildungen machen zu wollen, da in so vielen Braunkohlenlagern aufrecht stehende Stämme gefunden werden und die Entstehungsweise aus Sumpfwäldern, die Jahrtausende hindurch nach wiederholten Ueberschlammungen an derselben Stelle und übereinander wuchsen, so viel natürlicher und ungleich häufiger gegeben sein mußte.

Als Lyell vor mehr als einem halben Jahrhundert Nordamerika besuchte, glaubte er beim Betreten oder Befahren der von der Sumpfcypresse (Taxodium distichum) gebildeten Cypress-swamps des Mississippi die Bildung eines Braunkohlenlagers vor Augen zu sehen. „Solche Sumpf-



Mitteleuropäiſche Landſchaft der Eocän-Zeit.

bäume," schrieb Lyell damals, leiden nicht darunter, wenn sie an ihrer Basis mehrere Fuß tief begraben werden, und andre Bäume treiben fortwährend aus dem neuen Boden hervor (wenn inzwischen Humus- und Schlammauflagerungen in den Aestuarien stattgefunden haben) mehrere Fuß über dem Niveau des ursprünglichen Moraſtes. An den Ufern des Miſſiſſippi habe ich bei niedrigem Waſſerſtande Erddurchſchnitte geſehen, in denen Theile der Baumſtämme mit ihren Wurzeln in vielen verſchiedenen Niveaus übereinander in situ ſichtbar waren. . . . Bei allen dieſen Cypreſſen-Sümpfen findet man zu unterſt eine Thonſchicht mit Wurzeln der

Fig. 77.
Aufrechte Cypreſſenſtümpfe der Braunkohlengrube Victoria bei Groß-Reſchen (Niederlauſitz). Nach photographiſcher Aufnahme.

Sumpfcypreſſe darin, gerade wie die Thonböden der Steinkohlenlager mit Stigmaria gefüllt ſind. (Vgl. oben S. 169.)

Wie treu erfaßt dieſes Bild war, haben die Unterſuchungen mehrerer deutſcher Braunkohlenlager, namentlich die des Senftenberger Gebiets in der Niederlauſitz durch Eberdt und Potonié ergeben, Braunkohlenlager, die ebenfalls vorzugsweiſe aus dem Holze und Laube der Sumpfcypreſſe entſtanden ſind, die ſpäter bei uns völlig ausgeſtorben iſt. Dieſes ſeiner Bildung nach der Miocänzeit angehörige, 10 bis 20 m ſtarke Braunkohlenflötz, wird an zahlreichen Punkten, wo ſeine Sand- und Thonbedeckung nicht allzuſtark iſt, nach dem Abräumen derſelben durch Tagebau ausgebeutet und bot wiederholt, ſowohl an der Decke wie an der Sohle des Flötzes,

den Anblick zahlreicher, aufrecht im Boden stehender, mächtiger Stümpfe der Sumpfcypresse (Taxodium) in den gegenseitigen Abständen, wie dieselben in den ungeheuer ausgedehnten amerikanischen Cypressensümpfen wachsen. Wir geben nach einer photographischen Aufnahme ein Bild (Fig. 77) dieses Vorkommens, wie es sich dort zu wiederholten Malen gezeigt hat und allen Besuchern den Eindruck eines begrabenen Cypressensumpfes hinterließ. Laub, Holz und Rinde des Baumes konnten mit Sicherheit identificirt werden, wenn auch natürlich nicht gesagt werden kann, daß die jetzt lebende amerikanische Sumpfcypresse mit ihren knieartig aus dem Wasser hervorspringenden Athemwurzeln, noch ganz die nämliche wäre, welche damals diese Sümpfe beschattete. Sie mag sich in den vielen Tausenden von Jahren, die seit der Bildung dieser Braunkohlenlager verflossen sind, im Habitus immerhin erheblich genug verändert haben. Jedenfalls werden auch andere Bäume, die ein ähnliches Sumpfwachsthum lieben, solche Braunkohlenlager erzeugt haben. Zwischen den aufrecht in ihrer natürlichen Stellung verbliebenen Cypressen-Stümpfen, die durch ihren reichlichen Harzgehalt vor weiterer Zerstörung geschützt wurden, liegen häufig auch, wie in jedem Urwalde gestürzte Stämme am Boden, die in den Schlamm eingebettet und durch das Wasser vor weiterer Zerstörung durch Würmer und Insektenlarven geschützt worden sind, während von Urwäldern, deren Stämme in der Luft verrotten, außer einer Schicht dunkler Erde, nichts auf die Nachwelt kommt.

Nach dem Schlusse der Tertiärzeit ist durch Ursachen, die wir nicht genau kennen und über die eine Menge oben (S. 109 bis 112) erörterter Muthmaßungen bestehen, die Temperatur in den nordischen Breiten schnell herabgesunken. Gletscher, die von den skandinavischen Gebirgen kamen, haben ihren Fuß bis an die Grenzen Mitteldeutschlands vorgeschoben und die Waldbestände des nördlicheren Gebietes größtentheils vernichtet. Von der Pflanzen- und Thierwelt dieser Zeiten war schon oben (S. 113 bis 114) die Rede, so daß wir unsern flüchtigen Ueberblick der Entwicklung des Lebens in den geologischen Zeiten hier schließen und zur Betrachtung der einzelnen Lebensformen übergehen können.

V.

Das Reich der Protisten oder Urwesen.

Zuerst gebar das küstenlose Meer
Der niedern Wesen unermeßlich Heer.
In Perlenhöhlen mikroskopisch klein,
Auf schlamm'gem Grunde regt sich's zart und fein.
Durch Reihen von Geschlechtern blüh'n sie dann,
Zu neuer Kraft und Gliederpracht heran,
Und Wesen ohne Zahl davon entspringen
Mit Blättern, Flossen, Füßen oder Schwingen.

Erasmus Darwin, Der Tempel der Natur.

Vor der Entdeckung der mikroskopischen Pflanzen- und Thierwelt war die Frage eines Anfangs der Lebewelt eine verzweifelte, denn wie sollte man sich vorstellen, daß so kunstvoll gebaute Wesen, wie sich alle mit bloßem Auge erkennbare Pflanzen und Thiere darstellen, ohne Eltern entstanden sein könnten? Der ehemals vorherrschende Glaube, daß ein Eingeweidewurm, eine Muschel, oder ein Insekt unmittelbar durch Umwandlung organischer Substanz (Plasmogonie) oder in folgerichtiger Weiterbildung dieses Gedankens gar aus den Urelementen durch Autogonie entstehen könnte, war ein so abenteuerlicher, daß die Aufstellung eines Schöpfungsaktes weit annehmbarer erscheinen mußte. Seither aber hat uns das Mikroskop eine Welt einfachster, meist im Wasser lebender Wesen entschleiert, die uns noch einfacher gebaute, aber völlig unsichtbare Lebewesen, die sogen. Probien (vgl. oben S. 142) ahnen lassen, denen gegenüber für uns die Entscheidung der Frage, ob wir ein Wunder an den Anfang des Lebens setzen, oder an die Wahrscheinlichkeit einer Selbstentstehung dieser Wesen glauben sollen, kaum mehr zweifelhaft erscheinen kann.

Es liegt bis zu einem gewissen Grade nahe, zu vermuthen, daß das Licht bei diesem Vorgange betheiligt gewesen sein muß, denn die Logik zwingt uns anzunehmen, daß das Leben nicht mit Schmarotzer-Pflanzen, oder Fleischfressern begonnen haben kann, weil diese keine Nahrung gefunden hätten, sondern mit Urpflanzen (Protophyten) von Algen-Natur, die unabhängig von jeder vorher vorhandenen organischen Substanz im Lichte ihre Nahrung aus unorganischen Stoffen zu bereiten im Stande waren. Wir kennen solche ureinfachsten, nach ihrer Lebensweise zu den Pflanzen gerechneten Wesen in den blaugrünen Spaltalgen (Schizophyceen),

deren kernloser Körper noch nicht einmal den Werth einer einfachen Zelle erreicht, und die sich durch Theilung vermehren. Ein blaugrüner Farbstoff, das Phycocyanin, der nicht wie das Chlorophyll der höheren Pflanzen an feste Farbstoffkörner gebunden, sondern im Plasma vertheilt ist, scheint die Assimilation zu unterstützen. Eben dadurch aber schließen sich diese niederen Luftlebensformen so nahe den Pflanzen an, daß man sie nur ungern von denselben losreißt. Aus solchem aërobischen Plasma (vgl. S. 173) scheint das anaërobische der Moneren erst hervorgegangen zu sein, wie ja andererseits Pflanzenplasma (z. B. bei Pilzen und fleischfressenden Pflanzen) wieder anaërobische Neigungen angenommen hat.

Die auf dem Grunde der süßen und salzigen Gewässer lebenden Moneren sind so einfach gebaut, daß sie noch nicht einmal den Namen von Organismen beanspruchen können, weil sie keinerlei Organe besitzen. Es sind einfach nur Klümpchen belebten Schleimes, meist mikroskopisch klein, kaum Stecknadelkopfgröße erreichend, oder auch größer, ohne feste Haut, ja selbst ohne bestimmte Gestalt, da sich dieselbe beständig ändert, worauf sich der ihnen ursprünglich beigelegte Namen „Wechselthierchen" bezieht. Man bezeichnet solche kernlosen Lebenseinheiten als Cytoden. Die Naturgeschichte dieser einfachsten Wesen ist uns hauptsächlich durch die Arbeiten Häckel's bekannt geworden. Derselbe beobachtete im Jahre 1864 bei Nizza zum ersten Male genauer die Lebensäußerungen eines der größten dieser Schleimwesen und hat nach Entdeckung mehrerer andern, die er im Süßwasser bei Jena fand, die erste Monographie dieser einfachsten Naturwesen gegeben. Der ihnen beigelegte Namen Moneren soll ihre Einfachheit betonen. (Vergl. Fig. 78.)

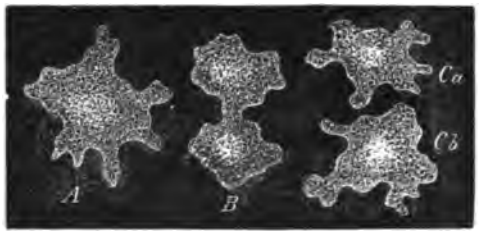


Fig. 78.
A Protamoeba primitiva. Süßwassermoner mit seinen Scheinfüßen, welches sich in Fig. B in zwei Individuen C a und C b theilt. Nach Häckel.

Der zähe Schleim, aus welchem sie bestehen, besitzt eine ähnliche, ziemlich complicirte chemische Zusammensetzung wie der Eiweißstoff (Protoplasma oder Sarkode) aller Pflanzen und Thiere. Wenn der Kohlenstoff den Mittelpunkt der entfernteren Bestandtheile des lebenden Körpers bildet, so ist diese Protoplasma-Masse wieder unter den näheren, zusammengesetzten Bestandtheilen auch der höheren Wesen die dem Herde des Lebens nächste, die eigentlich lebende Materie. Alle andern Bestandtheile der organischen Körper, namentlich die stickstofffreien unter denselben, sind bis zu einem gewissen Grade erst Hervorbringungen dieses uns in den Moneren in seiner nacktesten Gestalt entgegentretenden Urbildungsstoffes. Der deutsche Botaniker Cohn und der französische Zoologe Dujardin sind die ersten gewesen,

welche vor vierzig Jahren die später namentlich durch Max Schultze ausgebildete Protoplasma-Theorie begründet haben: d. h. die jetzt allgemein angenommene Ansicht, daß dieser Eiweißstoff auch in den höheren Pflanzen und Thieren den eigentlichen Lebensherd darstellt, keineswegs aber die verschiedenen Gewebe, mit denen er sich umkleidet und durch deren besondere Zurichtung er später höhere Formbildungen erreicht, die aber nur leben, so lange der von ihnen eingeschlossene Bildungsstoff lebendig bleibt. Gewiß ist, daß das Protoplasma in jener ureinfachsten Form bereits dem Reize der Wärme, des Lichts und der Elektricität durch Zusammenziehung und Bewegungen antwortet. Ein kräftiger elektrischer Schlag tödtet die Masse, indem er dieselbe wie Hitze zum Gerinnen bringt, ein schwächerer Schlag bewirkt eine schleunige Zusammenziehung zu einem kuglichen Klümpchen. Aehnlich sah W. Engelmann einen Lichtstrahl wirken, wenn man denselben in einem dunklen Zimmer auf ein solches Wesen fallen ließ, welches sich unter dem Mikroskope ausgebreitet hatte. Es zog sich plötzlich, wie nach einem elektrischen Schlage zusammen, während eine langsame Erhellung des Zimmers es nicht zu berühren schien. Es verhielt sich also hier die ganze Körpermasse ähnlich wie das Auge der höchst entwickelten Thiere, welches sich bei plötzlicher Erhellung geblendet schließt, während die allmälige ihm nicht weh thut. Im Trocknen befindliche Protoplasma-Massen kann man durch Feuchtigkeit nach jeder beliebigen Richtung, auch dem Gesetz der Schwere entgegen, locken, und an einem tropfenden Streifen Fließpapier kriechen sie nach Stahl aufwärts dem Wasserstrom entgegen. Ebenso wirken chemische, von Nährstoffen ausgehende Reize, die, wenn sie in ruhiger Flüssigkeit ausströmen, Protoplasma-Wesen schon aus einiger Entfernung herbeiziehen. Auch kann man mit guten Gründen sagen, daß alle Vervollkommnung im Reiche des Lebens zuletzt immer nur das Protoplasma in seiner Leistungsfähigkeit gesteigert habe, denn in letzter Instanz ist es immer nur ein winziges Tröpfchen dieses Stoffes, welches die im Kampf um's Dasein erworbenen Vortheile bewahrt und im aus der Eizelle neu entstehenden Individuum verjüngt entfaltet. An sein Bestehen ist das Leben des Individuums, wie das des ganzen Geschlechtes geknüpft, und in ihm ruhen alle Geheimnisse der Welt des Lebens. Wenn ein Geschlecht ausstirbt, so müssen wir klagen, daß eine bestimmte Protoplasma-Sorte aufgehört habe, sich zu verjüngen.

In den Moneren hat sich das Protoplasma noch keine Organe geschaffen, es ist gleichzeitig Haut und Magen, Hand und Fuß, das Ideal des Mangels aller Arbeitstheilung. Nach allen Richtungen stößt der Schleimklumpen mehr oder weniger dicke oder haardünne Scheinfüße (Pseudopodien) hervor, um Nahrung heranzuziehen oder sich von der Stelle zu bewegen; findet sich etwas in ihrer Richtung, so umfließt die flüssige Schleimmasse den Bissen, und empfängt durch einfache Aussaugung die etwa zur Ernährung brauchbaren Theile. Es verhält sich dabei aber

ganz anders als ein beliebiges Schleimtröpfchen! Während z. B. das todte Moner mittelst Karminlösung durch die ganze Masse tief roth gefärbt wird, ist dies bei dem lebenden nicht der Fall; man sieht nur kleine rothe Körnchen des Farbstoffes in dasselbe eintreten, die wahrscheinlich auf ihren Nahrungswerth dabei geprüft werden. Die nach allen Seiten ausgebreiteten Scheinfüße fließen gelegentlich zusammen, oder ziehen sich sämmtlich in den Mutterschoß zurück, der nun wieder ein rundliches Schleimklümpchen darstellt. Allein durch die beständige Nahrungsaufnahme wächst das Individuum, wenn man hier bereits von einem solchen sprechen darf, über sein gewöhnliches Maß hinaus, und zerfällt dabei in zwei, vier oder mehr Stücke, die nun auf eigene Faust weiterleben. (Fig. 78.) Es ist dies die einfachste und ursprünglichste Vermehrungsform der Lebewesen. Bei dieser Art der Vermehrung handelt es sich zugleich um eine beständige Verjüngung der Lebewesen, und man kann bei ihnen mit Weismann in einem gewissen Sinne von einem ewigen Leben sprechen, da keine der beiden Hälften untergeht, oder als ältere bezeichnet werden kann. Doch liegt hierin insofern ein Trugschluß, als das alte Individuum in dem Augenblicke untergeht, in welchem es sich in zwei jüngere theilt. Nur bleibt bei diesem Untergang keine „Leiche" oder verbrauchte Hülle. Allerdings kann auch gewaltsam, z. B. durch Hitze getödtetes Protoplasma als Leiche erscheinen, aber was man gewöhnlich so nennt, um an ihr den erfolgten Tod nachzuweisen, ist wie das regelmäßige natürliche Sterben erst mit der Ausbildung zusammengesetzter, sich abnützender Organe das nothwendige Erbtheil der höheren Organismen geworden, und bei ihnen hat sich die Unsterblichkeit und ewige Jugend der Urwesen auf die Keimzellen zurückgezogen, die von den zu Grunde gehenden Körpern erzeugt werden und das Leben erhalten.

Mehrere ganz ähnlich beschaffene Urwesen, die sich aber durch eine etwas verschiedene Fortpflanzungsform unterscheiden, wurden bald nach jenem ersten Moner von Cienkowski entdeckt und unter dem Namen Protomonas (Urmonade) beschrieben. Dieselben ziehen nämlich, wenn sie sich zur Fortpflanzung anschicken, ihre Füße ein und gehen in einen Ruhezustand über, in welchem die kleine Protoplasmasse eine Hülle ausscheidet und sich einkapselt. Innerhalb dieser zarten Hülle zerfallen sie in vier oder mehr Teile, die sich nach der Sprengung der Hülle durch einfaches Wachsthum zu der reifen Form entwickeln. Ein schön orangeroth gefärbtes Moner dieser Abtheilung, welches so groß ist, daß es schon unter der Lupe als zierlicher kleiner Stern erscheint, entdeckte Häckel auf Weichthiergehäusen, die an die Küste der kanarischen Insel Lanzarote geworfen waren. Wir sehen dasselbe, die Hauptmasse, mit Nahrungsresten erfüllt und die Strahlen in mehrfacher Verästelung eine zierliche Sonne bildend, in der nachfolgenden Fig. 79. Die Zahl der bekannten Moneren hat sich inzwischen durch weitere Entdeckungen bereits auf mehr als ein Dutzend verschiedener Arten

vermehrt, die sich durch Form und Fortpflanzungsart unterscheiden, so daß wir selbst an den untersten Grenzen des Lebens bereits das Abänderungsvermögen bethätigt sehen. Mit derselben Ehrfurcht, wie sie uns beim Erblicken eines Nebelflecks ergreift, mögen wir durch das Mikroskop die Regungen eines dieser kleinen Schleimklümpchen oder Cytoden betrachten, denn ihnen müssen die ersten Urwesen geglichen haben, in denen ein Strahl des Lebens zuckte; eine noch größere Einfachheit können sie nicht dargeboten

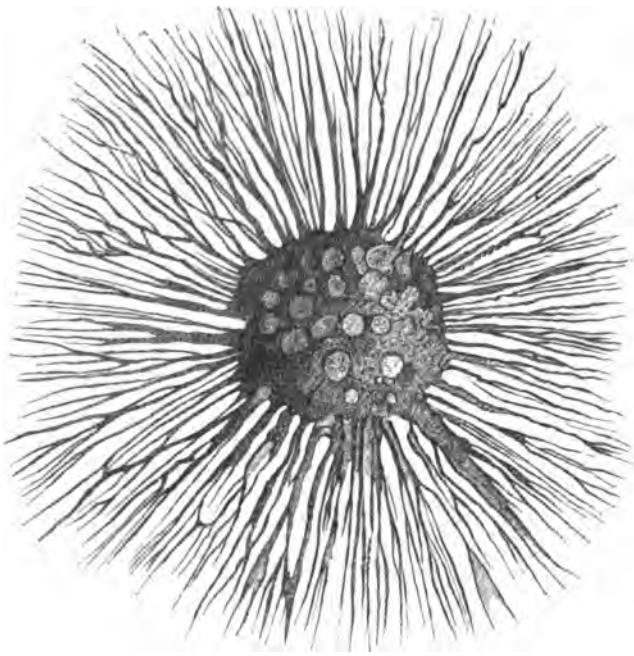


Fig. 79.
Orangerothes Urschleimwesen. (Protomyxa aurantiaca.)
140 mal vergrößert.

haben, denn selbst unsere Phantasie ist nicht im Stande, noch einfachere und niedriger stehende Lebewesen auszudenken.

Das angeblich kolossalste dieser „Organismen ohne Organe" wollte Capitain Dayman, Commandant des englischen Kriegsschiffes Cyclop, bei der Untersuchung des sogenannten Telegraphen-Plateaus, einer durchschnittlich 12 000 Fuß unter dem Meeresspiegel zwischen Irland und Nordamerika sich hinstreckenden Tiefebene, entdeckt haben. Der Meeresboden zeigte sich nämlich fast durchweg mit einem Schlamme von mehliger und zugleich klebriger Beschaffenheit bedeckt, von dem stets Proben am Tau und Loth des Senkapparates hängen blieben, ohne selbst von dem Wasser,

welches ſie beim Aufziehen paſſiren mußten, abgeſpült zu werden. Man fand die mikroſkopiſchen Urweſen und Geſteinsſtückchen dieſes Meeresſchlammes (Fig. 80) von einem Schleime umhüllt, an dem man Bewegungen bemerkt haben wollte, weshalb ihn der ausgezeichnete engliſche

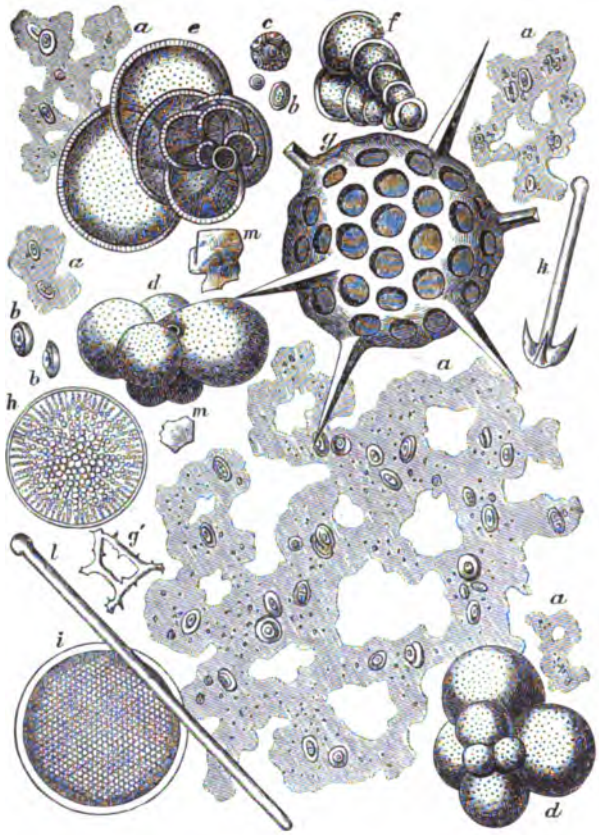


Fig. 80.
Stark vergrößerte Anſicht einer Bodenprobe des atlantiſchen Meeres. a ſogenannter Tiefſeeſchleim mit darin vertheilten Kalkalgen (Coccolithen). b und c Coccolithen, Discolithen und Coccoſphären. d und e Globigerinen. f Textilaria. g Haliomma. h und i Diatomeen-Scheibchen. k und l Kieſelnadeln aus Schwämmen. m Mineral-Bruchſtücke.

Zoologe Huxley Bathybius Häckelii taufte, um durch den Gattungsnamen das Tiefleben des vermeintlichen Urweſens anzudeuten, in welchem manche ein Nachbild jenes Urſchleims ſehen wollten, auf deſſen Vorhandenſein ſchon frühere Naturphiloſophen geſchloſſen hatten, z. B. Oken, als er im Anfange unſeres Jahrhunderts orakelte: „Alles Organiſche iſt aus Schleim hervorgegangen, iſt nichts als verſchieden geſtalteter Schleim.

Dieser Urschleim ist im Meere im Verfolge der Planetenentwicklung aus anorganischer Materie entstanden." Spätere Untersuchungen zeigten, daß sich die Entdecker getäuscht und Huxley irregeführt hatten, indessen ist der von den Gegnern der Entwicklungslehre angeschlagene Jubel über die angeblich damit herbeigeführte „Niederlage der Naturphilosophie" völlig gegenstandslos und recht eigentlich kurzsichtig, denn die von Niemandem angezweifelten Moneren des süßen und salzigen Wassers sind für die Entwicklungstheorie genau ebenso lehrreich und merkwürdig, wie der angebliche Tiefseeschleim.

Eine der wichtigsten Monerengruppen ist diejenige der fälschlich sogenannten Spaltpilze (Schizomyceten), Stabthierchen (Bakterien) oder Zitterlinge (Vibrionen), die sich sowohl durch außerordentliche Kleinheit, wie durch fest umschriebene Form von den bisher erwähnten Urwesen unterscheiden. Sie wimmeln in ungeheuren Schaaren in jeder organischen Flüssigkeit auf, die in Berührung mit der Luft in eine Gährung, Fäulniß oder sonstige Zersetzung übergeht, und man hat in vielen von ihnen, die durch sog. Reinzüchtung isolirt werden konnten, die eigentlichen Erreger vieler Zersetzungsvorgänge und ansteckender innerer Krankheiten, sowie bösartiger Wundverschlimmerungen erkannt. Behandlungsweisen, die auf ihre schnelle Vernichtung ausgehen (Desinfection, antiseptische Verbände u. s. w.), ergaben daher die größten Erfolge. Nach ihrer Form unterscheidet man verschiedene Arten, einfache Körnchen (Micrococcus), die sich durch Halbirung oder kreuzweise Theilung vermehren, stäbchen- und korkzieherförmige Formen, die zum Theil mit Wimpern versehen sind, u. A. (Siehe Fig. 81.)

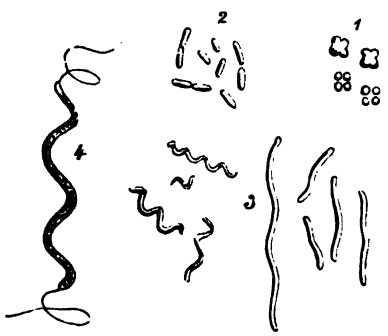


Fig. 81.
Bakterien. Sehr stark vergrößert. 1 Sarcine. 2 Bacillus. 3 Vibrio. 4 Spirillum.

Man hat früher angenommen, daß den verschiedenen Arten der Zersetzung, z. B. der geistigen, sauern und fauligen Gährungen, ebenso viele verschiedene Hefepilze und Bakterien-Arten entsprächen. Diese Meinung wird unterstützt durch die Beobachtung, daß z. B. bestimmte kugelförmige Bakterien durch ihren Lebensproceß stets dieselben intensiven Farbstoffe und Gerüche bilden, wie z. B. der Kettenbacillus (Streptothrix odorifera), der den bekannten und schon im Alterthum gerühmten Wohlgeruch der Ackererde nach dem Regen erzeugt, die Wundermonade (Monas prodigiosa), welche scheinbare Blutflecken auf stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln hervorbringt und vielem Aberglauben Vorschub geleistet hat, oder eine ähnliche Art, die auf der Milch indigoblaue Flecken zurückläßt. Allein ein sehr genauer

Beobachter dieser niedern Urwesen, Nägeli, glaubte sich durch seine Jahrzehnte langen Studien über dieselben berechtigt, anzunehmen, daß die meisten ihrer Formen in einander übergehen, daß sie eine große Biegsamkeit haben, sich verschiedenartigen Lebensverhältnissen anzupassen, und je nach den Umständen, z. B. in ungekochter Milch eine sauere, in gekochter eine bittere Gährung einzuleiten u. s. w. Allerdings mögen sie dabei die Neigung erwerben, in der Folge, wenn thunlich, in der begonnenen Weise fortzuleben, so daß z. B. die als Ursachen der Blattern und des Milzbrandes sicher erkannten Bakterien immer von Neuem diese Krankheiten erzeugen, bis sie eine Zeit hindurch des entsprechenden Bodens beraubt, sich einer andern Lebensweise angepaßt haben. Pasteur, Wernich und andere Naturforscher haben in dieser Richtung interessante Züchtungsversuche angestellt, bei denen durch fortgesetzte Züchtung in verschiedenen Flüssigkeiten, oder auf lebenden Thieren milder und stärker wirkende Abarten erzogen werden konnten, deren Studium die wichtigsten praktischen Folgen für die Behandlung und Vorbeugung der betreffenden Krankheiten verspricht. Die Entdeckung des Milzbrand-, Tuberkulose- und Cholera-Bacillus durch Koch, des Hundswuth-Bacillus durch Pasteur haben in dieser Beziehung das allgemeinste Aufsehen erregt.

Diese vielfach nach dem Eintrocknen, wahrscheinlich in Folge einer Einkapselung (Sporenbildung), äußerst widerstandsfähigen Wesen sind durch ihre Anpassungs-Fähigkeit trotz ihrer verschwindenden Kleinheit zu einer gewaltigen Großmacht im Naturleben geworden, und nur diejenigen Pflanzen und Thiere können in dem beständigen Kampfe für das Leben ausdauern, die ihnen allezeit kräftigen Widerstand zu leisten vermögen, sei es, indem sie sich ihren Angriffen körperlich anpassen, wie die Leute, welche in Fiebergegenden gesund bleiben, oder indem sie sie zu bekämpfen wissen, wie die moderne Medicin. Offenbar besitzt bis zu einem gewissen Grade jeder vollkräftige Organismus die Fähigkeit, ihre Angriffe zu verwinden, indem z. B. die zahlreichen Bakterien, die beständig in Mund, Magen und Lunge gelangen, dort verdaut und aufgesogen werden, und diese Fähigkeit steigert sich sogar durch wiederholte Angriffe, wie z. B. bei der Impfung, Acclimatisation, zur höhern Widerstandsfähigkeit, weshalb Ansteckungskrankheiten, die man einmal überstanden hat, nicht so leicht wiederkehren. Es bilden sich im Blute der angesteckten Körper direkte Gegengifte für die Giftstoffe, welche die Bakterien erzeugen, die man züchten, gewinnen und als Heilmittel verwenden kann, in der sogenannten Serumtherapie, die namentlich bei Diphtherie und auch bei Lungentuberkulose nicht unbeträchtliche Heilerfolge zu verzeichnen hatte. Immerhin hat dieses Ueberwindungsvermögen seine Grenzen, und wenn durch irgend eine andere Ursache der Lebensproceß Störungen erleidet, so gewinnen die unsichtbaren Schaaren des Zerstörers sehr bald das Uebergewicht; nicht nur den todten Körper überwältigen und zersetzen sie, sondern auch den langsam hinsterbenden,

Fig 82
Formen von Cladothrix dichotoma.

A. Gruppe des Zweighaars auf einer Alge $^{20}/_{1}$. B. stärker vergrößerte Verzweigung. C. D. Kokkenhaufen. E. Ein solcher Haufen, der zu Stäbchen auswächst. F. Stäbchen daraus vor und nach der Behandlung mit Pikrinsäure. G. Zweig mit deutlicher Scheide. H. Ein solcher mit Kokkenbildung. J. Sogen. Leptothrix-Faden mit starker Gallertscheide. K. Im Gipfel Schleim-Kokken (Zoogloea) bildendes Zweighaar. L. Spaltung in bewegliche Bacillen mit Wimperwirbel. M Schwärmfäden. N. Zoogloea-Bildung mit Kokken und Stäbchen.

wie die Holzwürmer den kranken Baum im Walde ausfinden. Sofern aber gewisse körperliche Abänderungen die Lebewesen befähigen, diesen

niederen Angriffen mehr Widerstand entgegenzusetzen als andere, so haben diese bösen Urwesen doch auch wieder den Nutzen, kränkelnde Organismen fortzuschaffen und gesunde Rassen zu züchten, wie denn ihre Rolle im allgemeinen Naturleben eine eingehendere Betrachtung verdient, als sie hier finden konnte.

Manche dieser sich durch Spaltung vermehrenden Bakterien bilden einen rasenförmigen Scheinkörper, weil die Sproßketten eine Weile zusammenhalten, und dabei die mannigfachsten Formen erzeugen. Fig. 82 zeigt eine Reihe solcher Formen, die nach Zopf, einem der besten Kenner dieser niedern Wesen alle derselben Art, dem in schmutzigen Gewässern wachsenden gabligen Zweighaar (Cladothrix dichotoma) angehören.

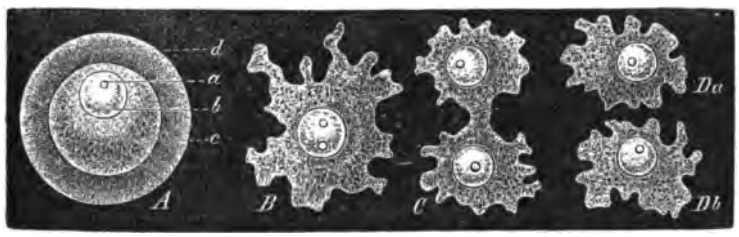


Fig. 83.
Amoeba sphärococcus. A eingekapselte Amöbe im Ruhezustand. d Zellhaut. c Protoplasmamasse. b Nucleus. a Nucleolus. B Freie Amöbe. D und D In der Theilung begriffene Amöben (nach Häckel).

Es ist eine auch Leptothrix genannte Eisenbakterie, welche aus Eisenoxydul haltenden Gewässern das sogenannte Wiesenerz oder Raseneisenerz, das die Naturvölker am häufigsten zur Gewinnung metallischen Eisens benützt haben, durch ihren Lebensproceß abscheidet. Diese Rasenbildungen aus Cytoden, von denen eigentlich jede ein Individuum für sich ist, und sich beliebig trennen kann, sind nicht mit den Zellenstaaten der höhern Pflanzen- und Thierkörper zu verwechseln; es sind bloße Cytoden-Horden (Cönobien), während jene als Gewebe-Wesen (Histonen) zu bezeichnen sind, bei denen die einzelnen Zellen im festen Verbande bleiben und besondere Aufgaben erfüllen. Solche Cönobien geben indessen immerhin einen Begriff davon, wie die Zellenstaaten der höhern Organismen entstanden sind, von denen alsbald zu sprechen sein wird.

Schon wiederholt war die Rede von der gelegentlichen Einkapselung der Protoplasma-Wesen in trockne Kokken oder schleimige Zoogloea-Massen, die durch die Ausscheidung einer dichteren Haut vor sich geht. Diese vorübergehende oder dauernde Einkapselung des zähflüssigen Lebensstoffes ist ein Vorgang von viel weniger einschneidender Bedeutung, als die Absonderung einer verdichteten Protoplasma-Masse von dem dünnflüssigeren Theil, als in ihm schwimmender Kern. Denn mit diesem Kern erhielten die allgemeinen Lebenserscheinungen dieser Masse erst einen Mittelpunkt,

und während es uns schwer wird, bei den kernlosen Schleimklümpchen (Cytoden) der Moneren von einem Individuum zu sprechen, bietet sich diese Bezeichnungsweise bei der nächst höheren Form der Urwesen, bei den Amöben oder Wechselthierchen von selber. Es sind Schleimklümpchen, die ihre Scheinfüße nach allen Richtungen ausstrecken, wie die Moneren, aber in ihrer Mitte schwimmt ein kleines Körperchen, der Zellkern (Cytoblast oder Nucleus), der nochmals ein dichteres Theilchen (den Nucleolus) einschließt (Fig. 83). Diese Sonderung in einen dichteren Kern und umfließende Protoplasma-Masse ist der wichtigste Fortschritt, den wir im Reiche der Urwesen beobachten, ein Gewinn für alle Zukunft des lebendigen Reiches, denn mit ihm ist das Elementar-Organ, aus welchem alle höheren Organismen bestehen, die Zelle entstanden. Es ist durchaus nicht von so großer Bedeutung, ob sich das Protoplasma mit seinem Kern noch außerdem mit einer äußeren Hülle versieht, oder nackt bleibt, denn dieser Umstand hat mehr auf die Lebensweise, als auf den Werth der Zelle Einfluß. Auf den Kern hingegen beziehen sich hinfort wie auf das Haupt dieses Elementarorganismus alle Bewegungen der Schleimströme, der Kern wird vom Protoplasma ernährt und wenn eine Theilung vor sich gehen soll, so bildet das Zerfallen des Kernes in zwei Hälften den Beginn und Hauptakt derselben.

Derartige nackte oder von einer Membran umhüllte freie Zellen leben in großer Zahl als Personen verschiedenster Bildung im Wasser und auch im Halbtrockenen. Die einen können mit Hilfe ihrer Scheinfüße umher kriechen und feste Nahrung durch Verschmelzung derselben zum Aufsaugen in die Protoplasma-Masse ziehen; die mit einer Membrane versehenen Zellen dagegen können nur schwimmen und durch die feinen Poren ihrer Haut flüssige Nahrung mittelst der Durchsaugung aufnehmen. Hier kündet sich nun der früheste Unterschied zwischen Thier- und Pflanzenreich an, der, wenn auch nicht als starres, ausnahmsloses Gesetz, doch im Allgemeinen die Charakterverschiedenheit beider Reiche am besten bezeichnet. Die nackte amöbenartige Zelle entspricht mehr dem Thierreiche, bei welchem, wenn diese Zellen nach der Theilung sich zum Zusammenleben und Körperbilden bestimmen, ein weiteres Aufgeben der Individualität und vollkommeneres Hingeben an den Gesammtorganismus stattfindet, als bei den Pflanzen wo sich die Zellen durch dicke Wände von einander absondern und bis zu einem gewissen Grade wirklich für sich leben.

Die Entdeckung, daß der Leib der höheren Pflanzen und Thiere durchweg aus solchen Kernzellen aufgebaut ist, wurde in den Jahren 1838—39 von Schleiden und Schwann gemacht, nachdem allerdings Oken, der Prophet des Urschleims, bereits 1809 verkündet hatte, daß der durch Urzeugung entstandene Schleim zuerst die Form kleiner Bläschen, die er Mile nannte, angenommen habe, und daß die ganze organische Welt aus einer Unendlichkeit solcher Bläschen zusammengesetzt sei. Daß diese Anschauung nicht nur vernunftgemäß, sondern auch wahrheitsgetreu

ist, können wir daran sehen, daß jedes höhere Naturwesen beider Reiche, als einfache nackte Zelle sein Dasein beginnen muß. Nun zeigen allerdings die Zellen des Thier- und Pflanzenreichs so durchgreifende Unterschiede, daß man geneigt sein kann, sie von verschiedenen Urwesen abzuleiten; die ersteren erzeugen vorzugsweise ein stickstoffreiches dünnhäutiges Gewebe, die letzteren mehr stickstofffreie Baustoffe (Cellulose). Indessen finden mannigfache Uebergänge statt. Bei den niedersten Wesen ist der Unterschied nicht klar ausgeprägt; auch haben wir es hier zum Theil wahrscheinlich mit noch anderen Lebensanfängen zu thun, als denjenigen des Thier- und Pflanzenreiches, welche allein eine große Entwicklung gehabt haben. Um die einzelligen freilebigen Wesen, von denen wir sogleich sprechen werden, hat ein ewiger Streit unter den Zoologen und Botanikern wegen ihrer Zugehörigkeit zu dem einen oder andern Reiche getobt. Es ist deshalb jedenfalls besser, sie mit Häckel in ein neutrales Urreich zu bringen, was schon früher von mehreren Systematikern, wie Ritgen, Horaninow, Siebold und Andern vorgeschlagen worden war.

Den nackten Wechselthierchen oder Amöben, die ein freies Leben führen, gleichen noch auf höherer Stufe manche freien Zellen des Thierleibes, z. B. die umherschwimmenden Eizellen niederer Thiere und die Blutkörperchen. Letztere entstehen wie jene durch Theilung des schleimumhüllten Zellkernes, strecken wie sie zuweilen kurze Scheinfüße aus und ändern damit ihre Gestalt, ernähren sich auf ähnliche Weise und kapseln sich schließlich in eine dünne Haut. Die Zartheit der Zellhaut erlaubt ihnen, bei ihrer gegenseitigen Vereinigung so einheitliche Gewebe zu bilden, wie z. B. in der Mark- und Nervensubstanz, während sie Ausschwitzstoffe, wie den Kalk der Knochen, als Zwischen-Zell-Masse ablagern. Hier und da trifft man auch in den Zellgeweben höherer Thiere freie Zellen an, die vollständig den Charakter von Amöben bewahrt haben. R. Wiedersheim hat die interessante Entdeckung gemacht, daß die innere Darmauskleidung bei Fischen, Amphibien und Säugethieren keineswegs mit einer starren Begrenzungsmembran versehen ist, sondern daß die palisadenartigen Zellen der Schicht an ihrem freien Rande gewissermaßen nackt dastehen, und derselben amöboidenartigen Bewegungen fähig sind, welche fressende Amöben selbst zeigen. Während ein großer Theil des Verdauungsvorgangs bei höheren Thieren durch die chemische Einwirkung von besonderen Säften besorgt wird, die durch die Zellwände ungehindert hindurchtreten können, hat sich in ihnen gleichsam eine Colonie Amöben (Freßzellen oder Phagocyten) erhalten, die sich mit ihren Scheinfüßen direkt schädlicher Eindringlinge (Bakterien) im Blut, oder im Magen der Fettkörperchen bemächtigen, welche ohne weitere Umwandlung in den Lymph- und Blutbahnen weiter befördert werden können.

In den freilebenden Urwesen mit beständiger Zellhaut bildet sich das Innenleben der Zelle bereits in ähnlicher Weise aus, wie bei den höheren Lebewesen. Zugleich tritt eine sehr vortheilhafte erste, wenn auch noch sehr

einfache Organenbildung ein, die Fortbildung der Oberhaut in eine oder mehrere Wimperfortsätze, welche zum Ersatz der in dem Sack zurückgehaltenen Scheinfüße, die Schwimmbewegung vermitteln. Hierher gehören die Geißelschwärmer (Fig. 84), deren Form später von vielen Fortpflanzungszellen bei Pflanzen und Thieren beibehalten wurde, und die eigentlichen Infusorien. Unter den ersteren finden wir mancherlei Arten, die Scheinfüße hervorstrecken, wie die Amöben, so daß sie nach Bergh vielleicht eine Art Grundstock darstellen, von dem man einerseits Rhizopoden, andererseits die höheren Infusorien ableiten könnte. Andererseits vereinigen sie so vielerlei pflanzliche und thierische Charaktere miteinander, daß sie besonders deutlich die Unmöglichkeit darthun, in diesen Regionen einen Unterschied zwischen Pflanze und Thier zu machen. Ferner gehören hierher die durch Blattgrünkörnchen gefärbten Euglenen, welche bei massenhaftem Auftreten im Frühjahr das Wasser unserer Pfützen grün färben und die Noktiluken, welche die Hauptursache des Meerleuchtens bilden. Jene kleinen langgeschwänzten Zellen, die fast den Umriß einer mikroskopisch kleinen Kaulquappe zeigen, haben aber nicht nur zuweilen selbstleuchtenden Inhalt, sie sind auch für den Lichtreiz sehr empfindlich. Und zwar die selbständigen Wesen dieser Art ganz ebenso wie die gleichgestalteten und gleichwerthigen Fortpflanzungszellen höherer Lebewesen. Sie wenden das gewimperte Ende der Lichtquelle zu und drehen sich bei der Hin- und Herbewegung um die Achse des Lichtstrahls. Diese von dem Reize des Lichtes auf die empfindliche Protoplasma-Masse, die auch die Thätigkeit von Sinnesorganen vertritt, herrührende Wirkung äußert sich in Bewegungen.

Fig. 84. Phacus longicauda, ein Geißelschwärmer mit rothem „Augenfleck".

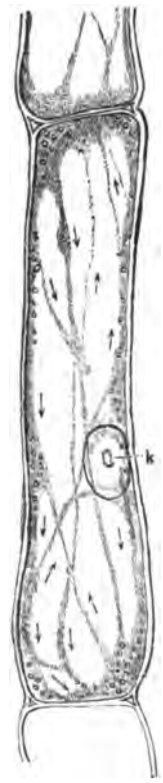


Fig. 85. Protoplasmaströme in einer Pflanzenzelle k Der Zellkern.

Ueberhaupt ist diese für vielerlei Reize empfindliche Lebensflüssigkeit auch innerhalb der Zelle in beinahe beständiger Bewegung. Für das ihr durch die dichte Wandung ihrer Wohnung, namentlich bei pflanzlichen Organismen, versagte Hervorstrecken von Scheinfüßen, entschädigt sie sich durch ein lebhaftes Zimmerturnen und unterhält in einem größten Kreise der Zelle einen Dauerlauf, wobei sie sich in mehrere freie Ströme theilt, die durch ovale Hohlräume (Vacuolen) getrennt, Zellkern und Innenwand der Zelle beständig umspülen (Fig. 85). Der Zellkern hängt an

diesem Bänder- und Stromsystem inmitten der Zelle wie eine Spinne in ihrem Netze und bewegt sich durch abwechselnde Verkürzung und Verlängerung der Bänder gleichsam wie zur Oberaufsicht und scheinbar freiwillig in seinem Käfig umher, mitunter anscheinend der Strömung entgegen. Obwohl sich hierbei in den Bewegungen Beziehungen mit dem Wand an Wand lebenden Protoplasma-Nachbar nicht verkennen lassen und neuere Untersuchungen von Tangl, Gardiner u. A. sogar gezeigt haben, daß durch feine Oeffnungen der Zellwände auch bei den Pflanzen ein gewisser Zusammenhang, eine Continuität des Protoplasmas der einzelnen Zellen durch den gesammten Organismus gegeben ist, so kann man nicht umhin, der Ansicht von Hanstein zuzuneigen, daß der Kern mitsammt dem Wand-Protoplasma jeder einzelnen Zelle, mit dem er durch speichenartige oder netzförmig verzweigte Ströme verbunden bleibt, als ein amöbenartiges Einzelwesen betrachtet werden muß, das sich als bis zu gewissem Grade selbständiger Theil dem Gesammt-Wesen, wenn dasselbe ein zusammengesetztes ist, unterordnet. Schon früher war man auf zergliederndem Wege zu demselben Schlusse gelangt. Denn, als man sich die Frage vorlegte, was im Pflanzenreiche als Person zu betrachten sei, erkannte man zuerst die Unhaltbarkeit der alten Ansicht, alles durch ungeschlechtliche Fortpflanzung aus einem Lebewesen Hervorgesproßte gehöre zu einer einzigen, getheilten Person, denn darnach würden z. B. alle Trauerweiden Europas zu demselben Individuum zu rechnen sein. Aber auch die Meinung De la Hire's, welcher Linné, Jussieu, Decandolle u. A. beistimmten, daß jeder letzte Sproß einer Pflanze für eine Person zu halten sei, wonach sich die Pflanze einer Polypen-Colonie am Korallenstock vergleichen würde, ist wissenschaftlich unhaltbar, und die zuerst von Turpin und Schleiden ausgesprochene Ansicht, daß die Zelle das eigentliche Individuum vertrete, unbestreitbar. Die Ausbildung von Einzelzellen aber mußte derjenigen aus ihnen aufgebauter und zusammengesetzter Organismen, die in gewissem Sinne Personenstaaten sind, nothwendig vorausgehen.

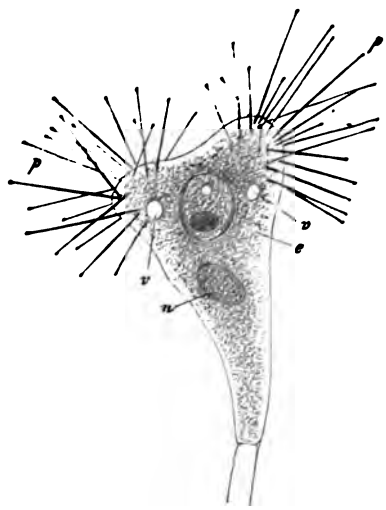


Fig. 86.
Auf kurzem Stiele festgewachsene Actinete. p Saugröhren, v zusammenziehbare Luft-Blasen (Vacuolen) im Protoplasma, n Zellkern, e ein junges Infusor (Tochterzelle).

Die Einzelzelle erfährt nun aber die wunderbarste Ausgestaltung in der sehr formenreichen Abtheilung der sogenannten Aufgußthierchen oder Infusorien im engern Sinne, wie man sie nach Ausschluß mancher früher

wegen ihrer mikroskopischen Kleinheit hierher gerechneten Gliederthiere oder Keime höherer Thiere nunmehr auffaßt. Die Zellhaut bildet und vertritt dabei allerlei Bewegungs-, Greif- und Sinnesorgane, wenn man sie bereits so nennen kann, der Zellinhalt mit seinem Kern stellt Leib und Seele dar, so daß wir hier mit Recht von einer Plastidul- oder Zellseele sprechen. Aus der großen Mannigfaltigkeit der Formen greifen wir als Beispiel der festgewachsenen Infusorten eine Acinete heraus, welche mit ihren starren, nadelförmigen Röhren mikroskopische Wesen, die denselben zu nahe kommen, festhält und aussaugt. Sie pflanzen sich ungeschlechtlich durch Theilung,

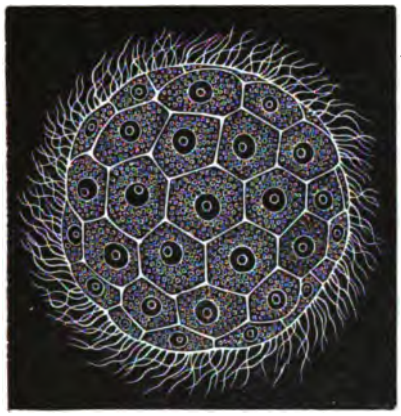


Fig. 87.
Magosphära planula.

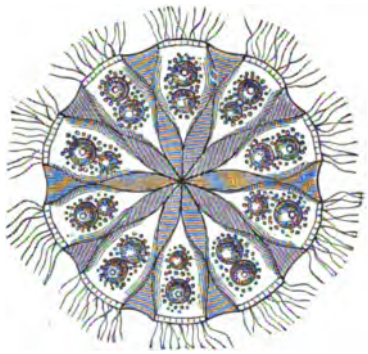


Fig 88.
Dieselbe im Durchschnitt.

oder Bildung von Tochterzellen (Sporen) fort, und erfüllen mit ihren Verwandten stehende Gewässer in großer Zahl und Formen-Reichthum (Fig. 86). Die Luftblasen (Vacuolen), die man hier, wie im Körper der meisten Infusorien bemerkt, dienen nach den neueren Untersuchungen Engelmanns dazu, um durch ihre Zusammenziehungen und Ausdehnungen die Bewegungen des Körpers und seiner Flüssigkeiten zu erleichtern, weshalb diese Thätigkeiten bei schwimmenden Infusorien rhythmisch erfolgen.

Später werden wir bei einer anderen Gelegenheit noch mit anderen Infusorien, den sogenannten Glockenthierchen oder Vorticellen bekannt werden, die wie Blumen auf zusammenziehbaren Stielen stehen, und mit ihren Randwimpern Wirbel unterhalten, die ihnen Nahrung zuführen. Während diese einzelligen Protisten in der Mannigfaltigkeit ihrer äußern Formen oft an gewisse einzellige Algen erinnern, die den zusammengesetzten Bau höherer Pflanzen nachahmen, finden wir auch mehrzellige Wesen in ihrer Nachbarschaft, die einen Anlauf zu dem Aufbau eines wirklichen zusammengesetzten Körpers nehmen, die aber keine höhere Stufe erreichen, weil alle Zellen

gleichwerthig bleiben, und eine den höhern Rang zusammengesetzter Organismen bedingende Arbeitstheilung unter den einzelnen Zellen nicht stattfindet. Sie bilden vielmehr blos schwimmende, zu einer Gallertkugel vereinigte Gemeinden (Cönobien), wie wir sie oben (S. 196) schon aus kernlosen Cytoden gebildet sahen, und aus echten kernhaltigen Zellen zusammengesetzt bei der abgebildeten Flimmerkugel finden, die Häckel an der norwegischen Küste entdeckte (Fig. 87, 88).

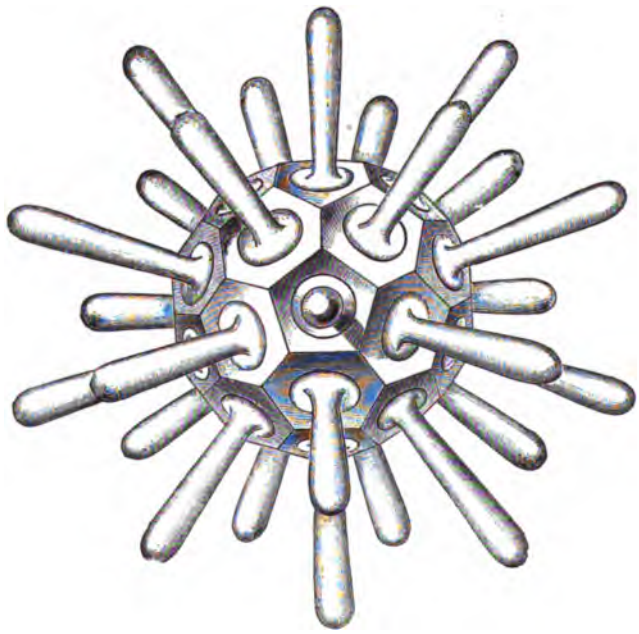


Fig. 89.
Rhabdosphära.

Diese Gesellschaften lösen sich gelegentlich auf und die einzelnen Zellen schwimmen darauf eine Zeit lang selbständig umher und gleichen dann Wimper-Infusorien (Ciliaten). Später sinken sie auf den Meeresgrund nieder und verwandeln sich in nackte, amöbenartig umherkriechende, fressende Zellen (wie Fig. 83), die nach einem hinreichenden Wachsthum sich einkapseln und durch wiederholte Theilung in 2, 4, 8, 16, 32 u. s. w. Zellen zerfallen, die ein neues Kugelwesen darstellen. Damit ist der überaus einfache Kreislauf ihres Lebens geschlossen. Wahrscheinlich gehören hierher auch die äußerst zierlichen Rhabdosphären, die man auch wohl zu den Kalkalgen rechnet, von denen wir eine der durch ihre regelmäßige polygone Form ausgezeichnete Art, die bei der Challenger-Expedition gefunden wurde, an dieser Stelle abbilden (Fig. 89).

Die oben erwähnten Flimmerkugeln bilden ein Uebergangsglied von den eigentlichen Infusorien zu einer Klasse von Urwesen, die man als zusammengesetzte Amöben (Synamöben) bezeichnen möchte, obwohl bei ihnen eine völlige Verschmelzung stattfindet, wobei zeitweise sogar die einzelnen Kerne der Amöben sich wieder auflösen, so daß ein gleichmäßiger Brei entsteht. Auf den Massen ausgenützter Eichenlohe, welche die Gerber auf-

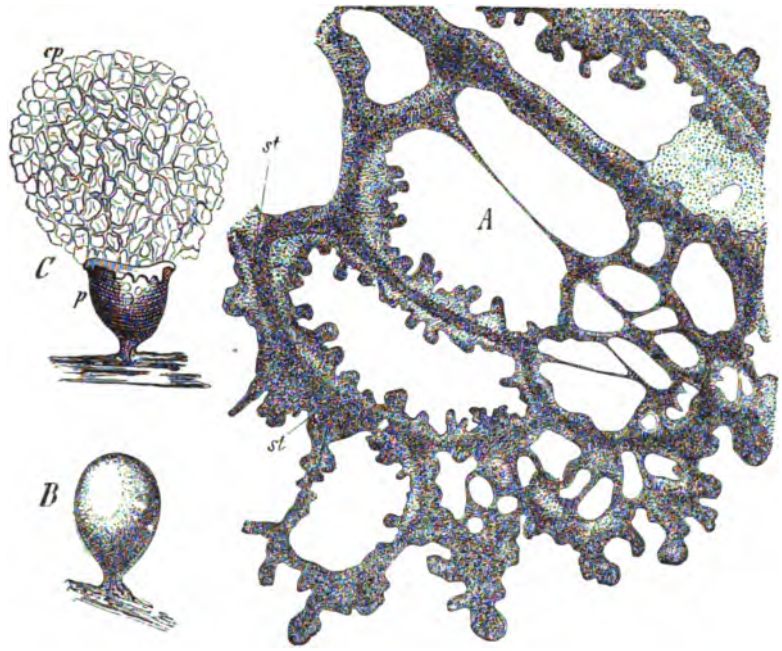


Fig. 90.
A Breitkörper eines Schleimpilzes (Didymium leucopus) nach Cienkowsky, 350 mal vergrößert. B und C Geschlossene und aufgesprungene Sporenkugeln eines andern Schleimpilzes (Arcyria), nach de Bary, 20 mal vergrößert.

häufen, wie auf faulem Holze und verwesenden Vegetationsresten des Herbstes, sieht man rundliche Massen von milchrahmartiger Beschaffenheit und weißer, gelber oder röthlicher Farbe auftreten, mitunter Ausdehnungen annehmen, daß man sie nicht mehr mit der Hand bedecken kann, die Lohblüthe oder Hexenbutter, welche zu der lange räthselhaft gebliebenen Abtheilung der Schleimpilze oder Myxomyceten gehören. Wenn man die Lohblüthe oder die verwandten Wesen, welche Fig. 90 zeigt, bei ihrem ersten Auftreten überrascht, so kann man sie Fäden und Maschen bilden sehen; die körnige Flüssigkeit bewegt sich lebhaft in denselben und mitunter hat man das ganze Gebilde an dem Stamm eines Baumes, oder an den feuchten Wänden eines Blumentopfes 1—2 Fuß hoch in die Höhe klettern sehen, wenn in

der Höhe vorhandene Feuchtigkeit das Protoplasma reizte, sich dorthin zu bewegen. Nachdem die Masse sich zu einem gleichmäßigen Brei vereinigt hat, der eine mit Höhlungen erfüllte Kugel oder einen flachen Kuchen darstellt, beginnt sie eine Art Oberhaut, die lediglich aus dichterer Protoplasma-Masse besteht, auszusondern und zerfällt innerhalb derselben in unzählige Kügelchen, die wiederum eine dichtere Hülle zeigen, also den Sporen der Pilze vergleichbar sind. Das Innere des Kuchens erscheint zu einem trocknen Staube zerfallen, der Monate lang diese Gestalt bewahren kann. Allein wenn warme Feuchtigkeit auf ihn wirkt, verläßt das Protoplasma die Hülle, in welche es sich zum Schlafe zurückgezogen; es schlüpfen aus ihr von Neuem bewegliche Schleimmassen aus, die sich bald zur Gründung einer neuen großen Gemeinde zusammenfinden.

Diese Schleimmassen erscheinen unter günstigen Umständen so plötzlich, daß man lange gemeint hat, und hier und da noch glaubt, sie seien meteorischen Ursprungs, freie Geburten der Luft, die unter Licht- und Feuer-Erscheinung zur Erde niederfallen. Man besitzt eine große Anzahl, im Ganzen wenig glaubwürdiger Nachrichten, daß nach dem Niedergange eines Meteors an bestimmten Orten derartige Massen in üppiger Entwicklung beobachtet worden seien, und schloß daraus, daß jene Weltkörper trotz ihres Erglühens die Keime derselben glücklich und unversehrt auf die Erdoberfläche gebracht haben müßten. Im Uebrigen theilen die Schleimpilze diesen Ruf eines höheren Ursprungs mit mehreren Algen der niedersten Art, namentlich den Nostoc- und Urkügelchen- (Protococcus-) Arten, die man mit guten Gründen ebenfalls zu den Protisten rechnen darf. Die Schleimpilze könnten in der ältesten wasserbedeckten Urwelt wenig Boden gefunden haben und gehören wahrscheinlich einer spätern Entstehungszeit an, auch zeigt ihr Vermögen, sich einzukapseln und in Ruhezustände überzugehen, bereits einen ansehnlichen Fortschritt an. Nachdem diese Urwesen-Familie lange Zeit für gänzlich alleinstehend gegolten, weil man weder wagte, sie von den Pflanzen, zu denen sie früher gerechnet ward, entschieden loszureißen, noch auch sie zu den Thieren zu stellen, ist nunmehr in den letzten Jahren durch die Untersuchungen von Famintzin, Woronin und Cienkowsky bewiesen worden, daß diese Urwesen durch Zwischenformen unmerklich mit den Pilzen verknüpft sind, welche letzteren freilich selber einen so abgesonderten Zweig des Gewächsreiches darstellen, daß man sie den Urwesen unmittelbar anreihen möchte.

Den Beweis des früher erwähnten Satzes, daß das Protoplasma, wie sein Name schon sagt, der ursprünglich lebende, die andern Körperbestandtheile, Hüllen, Organe und Gestalten aus sich herausbildende Lebensstoff sei, führen auf niederster Stufe die Kammer-Wurzelfüßler (Thalamophora). In der von Natur klaren Masse des Protoplasma sieht man stets Körnchen und Tröpfchen schwimmen, welche die Beobachtung seiner Strömungen erleichtern, es sind das secundäre Erzeugnisse, Stärkekörnchen, Fetttröpfchen

und dergleichen mehr, welche das Protoplasma abgesondert hat. Aber auch unorganische Stoffe löst diese, alle Geheimnisse des Werdens einschließende Lebensmaterie auf und scheidet sie als Mantel oder Hülle wieder ab. Und so sehen wir nun diese nur scheinbar strukturlose, viele Kerne enthaltende Schleimmasse bald einkammerige, bald vielkammerige Hüllen von kohlen-

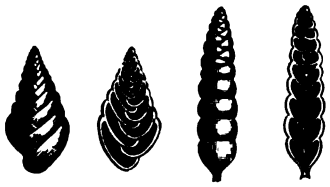


Fig. 91.
Enallostegen.

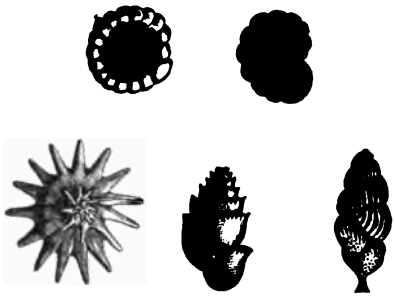


Fig. 92.
Helikostegen.

saurem Kalk ausscheiden und es werden die verschiedenen Wurzelfüßler oder Rhizopoden darnach auch in Einkammerige (Monothalamia) und Vielkammerige (Polythalamia) eingetheilt. Die Kammern sind bald in

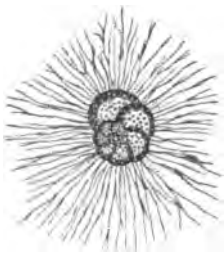


Fig. 93.
Perforate (Discorbina).

Fig. 94.
Imperforate (Miliola).

Form einer Linie, eines Kreises oder Kegels, bald zur Gestalt eines Posthorns oder einer Thurmschnecke, bald ein- oder mehrreihig in der unendlichsten Mannigfaltigkeit aneinandergereiht (vgl. Fig. 91 und 92). Das die zusammenhängenden Kammern erfüllende Protoplasma umgiebt sich, je nach seiner Eigenart mit tausenderlei verschiedenen Architekturen, die an Zierlichkeit und Mannigfaltigkeit dem Mummenschanz der Muscheln, Schnecken, Ammoniten und anderer Schalthiere in verkleinerter Gestalt durchaus nichts nachgeben, — eine mikroskopische Wunderwelt, in welcher sich auf niederster Stufe das Gestaltungsvermögen des Protoplasmas spiegelt, und in ihrer

Weise nicht weniger bündig Zeugniß ablegt, für die Unerschöpflichkeit der Meeresformen, als es für Plinius die Conchylien thaten. Darnach, ob diese Prachtwohnungen nach allen Richtungen von kleinen Fenstern durchbrochen werden, um den Protoplasma-Fäden, diesen Gelegenheitsfüßen und Händen, nach allen Seiten Austritt zu gestatten (Fig. 93) oder nur eine

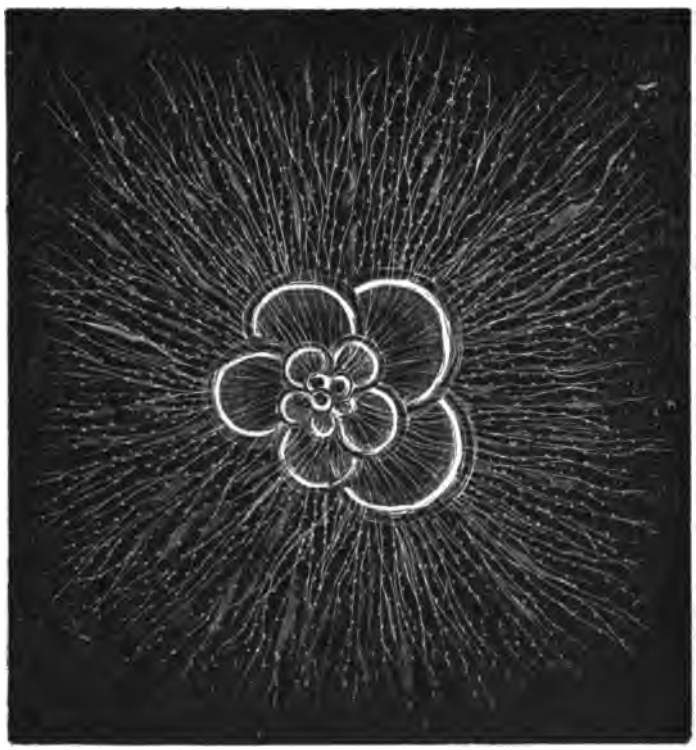
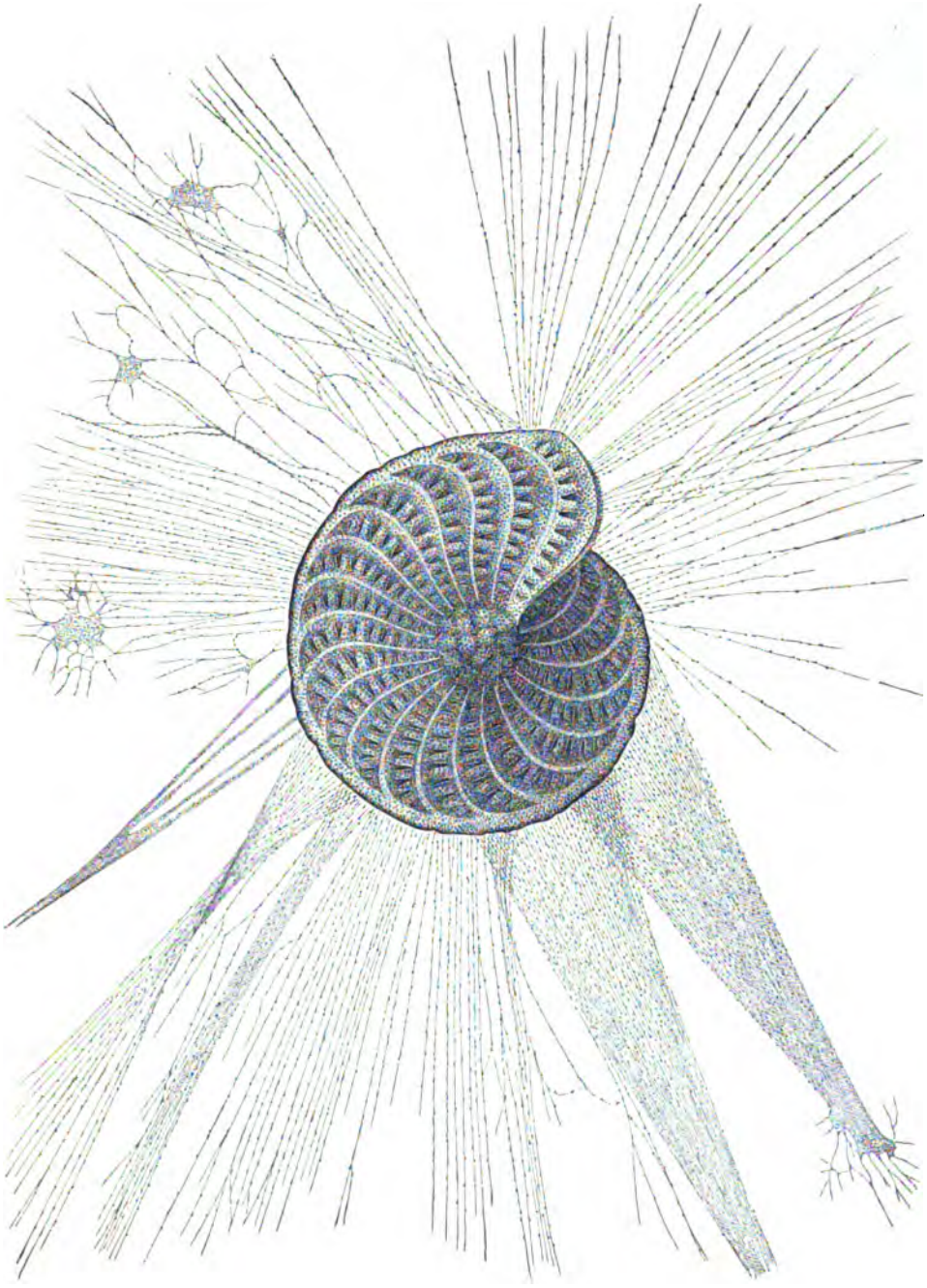


Fig. 95.
Lebende Globigerine (nach Häckel).

große Hauptpforte, wie die Ammoniten vor der vordersten Kammer besitzen, um auch dort oft nur durch ein vergittertes Fenster mit der Außenwelt verkehren zu können (Fig. 94), unterscheidet man die beiden Hauptabtheilungen der Durchbohrten (Perforata oder Foraminiferen im engeren Sinne) und der Undurchbohrten (Imperforata). Die Tafel mit **Polystomella strigillata** stellt ein solches Siebthierchen noch stärker vergrößert dar.

Die Vermehrung dieser merkwürdigen Urwesen findet einfach in der Weise statt, daß das Protoplasma in mehrere kernhaltige Stücke zerfällt, worauf jedes derselben den Bau eines neuen Hauses beginnt. Die Aneinanderreihung von Kammern, die alle durch Thüren oder Fenster zusammen-



Polystomella strigillata.
(200fach vergrößert.)

hängen, gehört zu den einfachſten Baupläne, die ſich denken laſſen, und das Zuſammenſchließen derſelben zu ſchneckenhausartigen Spiralen läßt

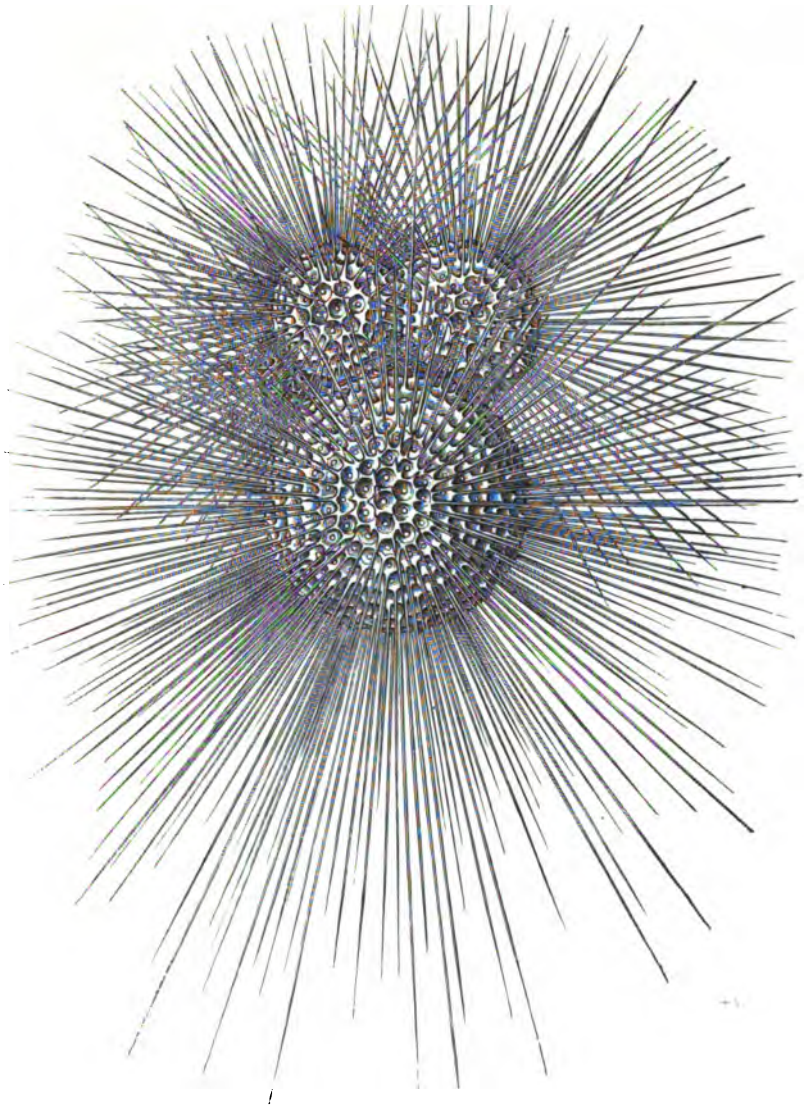


Fig. 96.
Hastingerina Murrayi, ein Polythalam, deſſen Kalkſchale überall mit haarfeinen, ſehr langen Kalkſtacheln bewaffnet iſt. (Stark vergrößert.)

ſich leicht durch die größere Feſtigkeit und Unangreifbarkeit ſolcher Gebäude aus dem Nützlichkeitsprincip erklären. Der Styl des Einzelnbaues giebt

uns die Handhabe zu einer Klassifikation, wobei bereits mehrere tausend Arten solcher Kammerherren beschrieben worden sind. Da wir nun das Protoplasma, welches so verschiedene Baupläne verwirklicht, als das eigentliche, die Form erst bedingende Lebewesen betrachten müssen, so erkennen wir die Nothwendigkeit, schon in dieser mikroskopischen Welt tausende von Abänderungen des Protoplasmas annehmen zu müssen. Die Artenzahl der Foraminiferen wird indessen weit übertroffen durch die Massenhaftigkeit ihres Vorkommens. In einer Handvoll Sand von der italienischen oder westindischen Küste berechneten Max Schultze und d'Orbigny auf die Auszählung eines kleineren Theiles gestützt, ein bis drei Millionen Individuen!

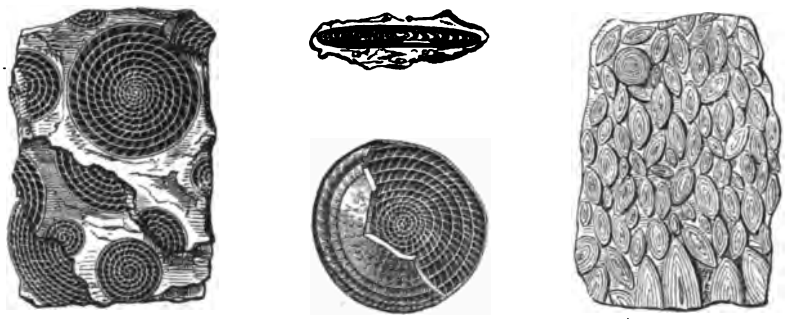


Fig. 97.
Nummuliten in natürlicher Größe.

Während manche Kammerwesen ihr Dasein auf dem Meeresboden kriechend verbringen, giebt es doch auch viele schwimmende Gesellschaften, wie z. B. die Globigerinen und Haftingerinen (Fig. 95 und 96), deren Schalen natürlich nach dem Tode ebenfalls zu Boden sinken. Urwesen dieser Klasse waren es wohl zuerst, die eine Ausscheidung gelöster mineralischer Theile, namentlich von kohlensaurem Kalk und Kieselsäure, aus dem Urmeere begannen, indem sie ihre Schalen auf dem Meeresboden aufhäuften und dadurch in unendlichen Zeiträumen Schichten von bedeutender Mächtigkeit erzeugten. Dieser Prozeß, von welchem die Tiefseeforschungen unserer Zeit gezeigt haben, daß er auch heute ununterbrochen fortdauert, übte zwar in der Secundärzeit den mächtigsten Einfluß auf die Umgestaltung der Erdrinde, allein es ist gar kein Zweifel, daß er bereits in der Primordialzeit begann. Wir haben Ursache, die meisten Kalklager, auch die der ältesten Zeiten, der Abscheidungsthätigkeit lebender Wesen zuzuschreiben, wenn wir auch in den durch Druck, Heißwasser und Erdwärme umgewandelten älteren Sedimentschichten oft nicht mehr im Stande sind, die Formen der Gehäuse wie in späteren Meeres-Ablagerungen zu erkennen. Angehörige dieser Urwesen-Abtheilung waren es, welche in späteren Zeiten

durch Anhäufung und Verkittung ihrer theilweis zertrümmerten Gehäuse jene mächtigen Kreidefelsen aufbauten, denen England den Namen Albion verdankt und die auf der Insel Rügen in pittoresken Formen das Meer beherrschen. (Siehe Fig. 33.) Es waren dieselben Architecten, die mit ihren vielkammerigen Palästen, das Material der Pariser Prachtbauten, der Sophienkirche, wie der ägyptischen Pyramiden gebildet haben. Das Gestein der letzteren ist aus den Wohnungen einer der riesigsten aller Rhizopoden-Gattungen zusammengesetzt (Nummuliten-Kalk), deren Schalen zuweilen einen Zoll im Durchmesser erreichen, und deren kleinere Arten zu Strabo's Zeiten für versteinerte Linsen gehalten wurden, die von der Nahrung der Pyramiden-Erbauer an dem Gesteine hängen geblieben seien. (Vergl. Fig. 97.) Dagegen sind die Rhizopoden-Schalen, welche den Kalkstein von Gentilly bei Paris zusammensetzen, so klein, daß man ihrer fünf Milliarden auf den Cubikfuß rechnet.

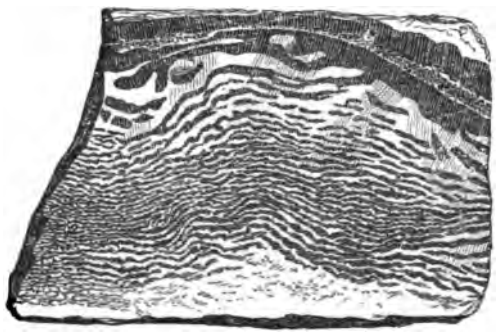


Fig. 98.
Sogenanntes Eozoon canadense.

Es mußte der Naturphilosophie wie der vergleichenden Vorwesenkunde zur höchsten Genugthuung gereichen, als vor etwa zwanzig Jahren der canadische Geologe Logan in den tiefsten Gneisschichten des laurentischen Systems am Ottawafluss in Canada große Knollen im eingelagerten Urkalk entdeckte, welche auf dem Durchschnitt das dunklere Bild eines zusammengedrückten, vielästigen entblätterten Strauches zeigten, welches man für die Versteinerung eines Kammer-Rhizopoden halten konnte. (Fig. 98.) Die gewiegtesten Kenner der mikroskopischen Structur bei fossilen Organismen, Carpenter, Gümbel, Jones, Dawson, traten der Meinung des Entdeckers bei, daß man die Spuren eines Urwesens vor sich habe, und zwar eines riesigen Wurzelfüßlers, dessen perlschnurartig aneinander gereihte Kalkkammern die langen gebogenen Aeste des Busches darstellen. Die Freude über den lange entbehrten Fund eines so alten und in der Stufenleiter der organischen Bildungen so tiefstehenden Lebewesens prägte sich in der poetischen Namengebung aus, indem man dasselbe als die canadische Morgenröthe des Lebens (Eozoon canadense) begrüßte, welcher Namen der Versteinerung geblieben ist, obwohl sie dann später in zahlreichen Urkalkschichten Europas ebenfalls aufgefunden wurde. Man glaubte, daß dabei in der Weise, wie man anatomische Präparate anfertigt, eine Ausfüllung der Kalkkammern mit dunkelgrünem Serpentin stattgefunden habe. In neuerer Zeit ist indessen der organische Ursprung dieses Gebildes

namentlich durch genaue Untersuchungen von Möbius stark in Zweifel gezogen, und dasselbe mit aller Entschiedenheit für ein dendritenartiges Mineralgemenge erklärt worden, und auch andere Forscher sind zu ähnlichen Ergebnissen gelangt.

Neben den kalkschaligen Kammerwesen begegnen wir im Meere ähnlichen mikroskopischen Wurzelfüßlern; welche ihr Gehäuse aber nicht aus Kalk-

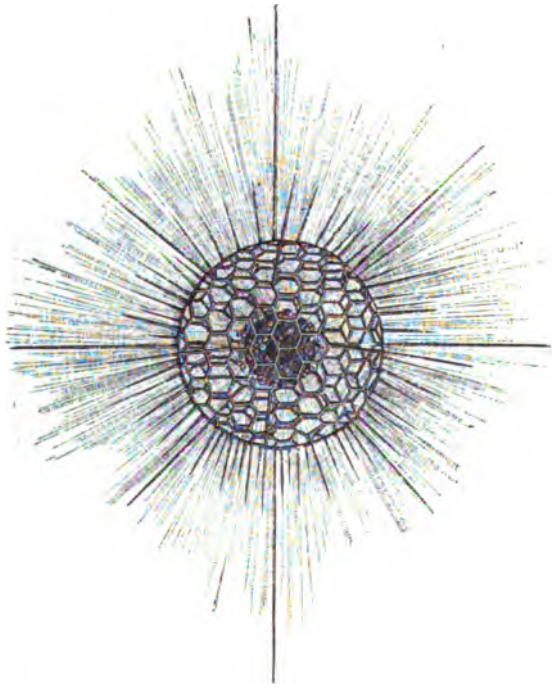


Fig. 99.
Heliosphära actinota (lebend). Von der Gitterkugel strahlen zwischen den Pseudopodien zahlreiche Kieselstacheln aus, im Innern des Gitters sieht man die Centralkapsel.

Fig 100.
Diploconus fasces (lebend). Die Kieselschale gleicht einer Sanduhr mit beiderseits zugespitztem Achsenstab.

theilchen, sondern aus Kieselsteinmasse erbauen und wegen ihrer strahligen Grundform Radiolarien, oder wegen des durchbrochenen Skelettes Gitterthierchen genannt werden. Sie bieten ebenfalls ein besondres erdgeschichtliches Interesse dar, weil ihre Schalen, wie in neuerer Zeit festgestellt werden konnte, den Hauptantheil an der Bildung der Feuersteine genommen haben, die meistens schichten- und nesterweise in Kreidefelsen auftreten. Obwohl den Kammerwesen stufenverwandt, erheben sie sich doch nach manchen Richtungen entschieden über dieselben. Bei vielen von ihnen wird die zierliche Kieselschale durch Umfließen derselben mit einem lebendigen

Schleim zu einem innern Skelett, welches uns dann nur um so deutlicher das reiche Innenleben, die zahlreichen Strömungen in diesen mikroskopischen Tröpfchen vergegenwärtigt. Im Mittelpunkte des anscheinend ebenfalls formlosen Schleimes erblicken wir eine von einer festen Haut umschlossene Centralkapsel (Fig. 99). In ihr bilden sich die kleinen Fortpflanzungszellen durch ungeschlechtliche Theilung, erhalten eine Geißel und schwärmen, später die Schale durchbrechend aus. Außerhalb der Centralkapsel finden

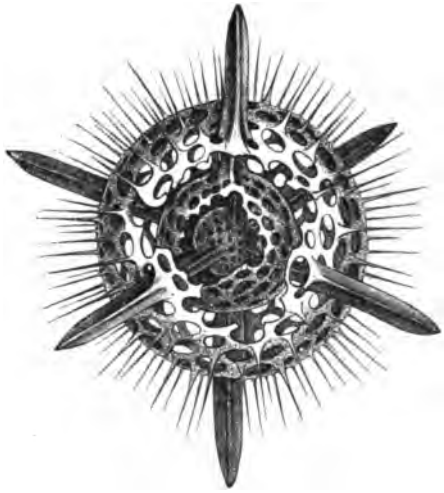


Fig. 101.
Skelett von Actinomma asteracanthion.

Fig. 102.
Skelett von Dictyophimus Challengeri.

sich meistens noch eigenthümliche gelbe Zellen, welche Stärkemehl enthalten, von denen wir bald sprechen werden. Bei einigen Arten gleicht die Kapsel mehr einem Futteral (Fig. 100) oder ist durch mehrere einander umfangende Kieselschalen geschützt, so z. B. bei Actinomma asteracanthion, wo ähnlich wie bei gewissen chinesischen Elfenbeinschnitzereien, drei solcher Kugeln in einander stecken (Fig. 101). Sechs starke radiale Stäbe, die in dreikantigen Stacheln enden, verbinden und halten dieselbe, während die äußerste Schale obendrein zahlreiche dünne Kieselborsten trägt. Mitunter ist die Schale, an diese letztere Bildung anknüpfend, nur durch ein von diesen strahlenförmigen Trägern ausgehendes Skelett angedeutet, wie bei der äußerst zierlichen Xiphacantha

Murrayana, deren zwanzig Stacheln, welche fünf parallele Zonen von je vier Stacheln bilden, ungefähr in der Mitte kreuzförmige Querfortsätze tragen, die zu einer polygonen Figur zusammenneigen (Fig. 103). Während bei der Mehrzahl dieser Gestalten eine krystallinische Starrheit, eine schneeflockenartige Regelmäßigkeit der Bildung nicht zu verkennen ist, bieten doch andere mehr unregelmäßige Gestalten, wie das bei der Challenger-Expedition gefundene Helm-Radiolar (Fig. 102) und auch von

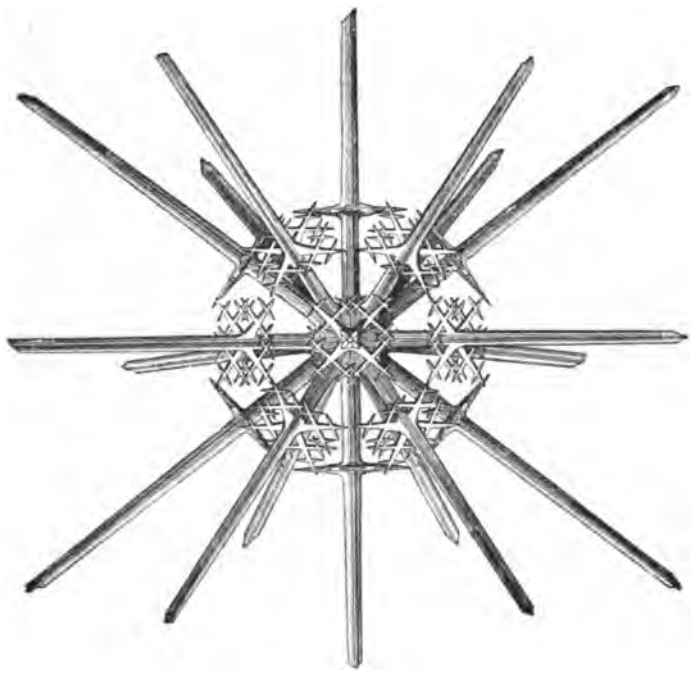


Fig. 103.
Skelett von Xiphacantha Murrayana.

ihnen findet sich ein unendlicher Reichthum zierlicher Gestalten, deren sehr zahlreiche Formen von Häckel in einer fortlaufenden Monographie beschrieben worden sind, zu welcher die neueren Tiefseeforschungen immerfort weitere Nachträge geliefert haben. Theils an der Oberfläche, theils in tieferen Schichten des Meeres lebend, haben sich ihre winzigen Panzer in der Tertiärzeit an manchen Orten, z. B. auf den Nikobaren und auf der Insel Barbados, zu ganzen Bergen aufgethürmt.

Werfen wir einen Rückblick auf die Entwicklungsstufe, in welcher das Leben sich gleichsam einen eigenen Herd schafft und sich von der Außenwelt abschließt, um desto eigenartiger auf dieselbe zurückzuwirken, so müssen wir sagen, daß das unbewaffnete Auge nicht viel verloren haben dürfte,

dadurch, daß die Urwesenwelt nur wenig Spuren von ihrem Dasein zurückgelassen hat. Denn wenn wir uns vorstellen, daß ein Durchschnittsmensch unserer Tage auf das erste Festlandsriff, welches sich aus dem warmen Urmeer einer neuen Welt erhebt, versetzt werden könnte, so dürften wir ohne Gefahr Tausend gegen Eins wetten, er würde nichts von dem Vorhandensein einer lebendigen Welt in diesen Wassern ahnen; ein wenig gestaltloser Schleim, eine unförmliche Kalkmasse, wären vielleicht alles Sichtbare, was er in den Wassern erblicken könnte. Ein auf das Nahsehen eingerichtetes Auge würde freilich mehr beobachten können, denn der Reichthum jener ersten Entwicklungsperiode bestand vorwiegend aus mikroskopischen Formen. Die grüne Farbe, welche die eine Hälfte der Lebewelt als ihr Abzeichen in Anspruch genommen, um später Meer und Festland damit zu schmücken, tritt erst schüchtern in winzigen Wesen hervor, von denen wir jetzt noch kaum wissen, ob wir sie mit Recht dem grünen Reiche zuzählen dürfen. In Unentschiedenheit, ein Spielball für müßige Streitlust, treten uns die Anfänge des Lebens entgegen. Von Arbeitstheilung im Körperbau kaum Anfänge. Das Lebewesen theilt sich und bildet zwei oder mehrere gleichwerthe Wesen, bei denen man, auch wenn sie vereinigt bleiben, kaum sagen kann, hier ist die Mutter und dort die Tochter. Es ist eine Vermehrung, keine Fortpflanzung. Die Ausbildung eines geschlechtlichen Gegensatzes dürfen wir in diesen unbestimmten Lebewelten, die wir mehr nach unserer durch Verhältnisse der Jetztzeit genährten Phantasie, als nach ihren hinterlassenen Spuren uns ausmalen, kaum suchen. Sie dürften reicher an Anfängen gewesen sein, als sich im Kampfe um's Dasein bewährt haben, aber schon die beiden Hauptkreise der Lebensformen, die später so entschieden auseinander gingen, Pflanzen und Thiere, sind unter ihnen kaum zu unterscheiden, und es bleibt mehr Glaubens- als Wissenssache, ob wir Pflanzen und Thiere aus einer gemeinsamen Urform oder aus zweien oder mehreren hervorgegangen annehmen wollen. Wir sehen unter den niedern Pflanzen wie unter den niedern Thieren gar manche Formenkreise, die auf einen verschiedenen Ursprung hinweisen (wir erinnern nur an die Pilze, die sich bei aller Aehnlichkeit des Auftretens nur schwer mit den grünen Sonnenkindern unter einen Hut bringen lassen); aber es bleibt unentschieden, ob ein frühes Auseinandergehen der Charaktere oder die Abstammung von verschiedenen Urformen die Ursache dieser fundamentalen Verschiedenheiten gewesen ist. So tritt uns das schwerlösliche Problem, welches sich später an den Namen Adam's knüpft, schon bei den Anfängen des Lebens entgegen. Hier wie dort ist es nicht so wichtig, um sich darüber in Grübeleien zu verlieren.

VI.

Die Jugend der Pflanzenwelt.

(Algen)

Was die Natur im Samen oder Ei
Erzeugt, ob Kraut, ob Riesenbaum es sei,
Ob fliegend Thier, ob kriechendes Insekt,
Im Feuchten wird zum Leben es erweckt.

Erasmus Darwin

Eine allein aus den jetzigen Verhältnissen des Lebens abgeleitete Entwicklungsgeschichte der Welt müßte schon deshalb mit dem Pflanzenreiche beginnen, weil sein Vorhandensein heute als die unentbehrliche Vorbedingung des thierischen Daseins erscheint. Die Pflanze ist im Stande, von der Luft zu leben, aus Luft ihr Kleid zu weben; das Thier dagegen ist auf Pflanzennahrung angewiesen, wenn es nicht seines Gleichen verzehren soll. Von den Urahnen der Thiere, wenn sie von denen des Pflanzenreichs wirklich verschieden gewesen sein sollten, muß daher angenommen werden, daß sie auf ähnliche Weise, wie noch heute die Pflanzen und wahrscheinlich auch manche Protisten, verstanden haben, von der im Wasser aufgelösten Luft und Kohlensäure zu leben, eine Fähigkeit, deren Mangel oder früher Verlust die Thierwelt zum Wüthen gegen die Pflanzenwelt und sich selber gebracht hat, worin aber vorzugsweise die Triebfedern des Vorganges liegen, den wir unter dem Namen des Kampfes um's Dasein als die Haupturſache des Fortschrittes in der Welt betrachten. Es ist also nicht die Annahme eines Vorsprungs, den wir der Pflanzenwelt auf die Erfindung des Lebens zuerkennen, sondern vielmehr die größere Einfachheit der hier zu betrachtenden Verhältnisse, welche uns veranlaßt, den Pflanzen zunächst unsere Aufmerksamkeit zu schenken. Diese größere Einfachheit stammt hauptsächlich daher, daß die Zellenindividuen, welche sich zum gemeinsamen Leben als Pflanzen-Organismus anschickten, mehr republikanische und die des Thieres mehr monarchistische Neigungen entwickelten; die ersteren neigten zur Bewahrung möglichster Selbständigkeit, die letzteren zur Centralisirung.

Im Meere und Süßwasser, sowie an feuchten Orten auf Steinen und Baumrinden leben zahleiche Arten von mikroskopischen Pflänzchen, deren gesammter Körper nur aus einer einzigen kernhaltigen Zelle besteht, die

einzelligen Algen, die sich meist auf ungeschlechtlichem Wege, durch einfache Theilung vermehren. Nach den Verschiedenheiten ihrer Gestalt, Färbung und Lebensweise hat man sie verschiedenen Familien zugetheilt, z. B. den Urkorn-Algen (Protococcaceen), Farbalgen (Chromophyceen), Schleimalgen (Nostochinen), Stab- oder Kieselalgen (Diatomeen), Weichstäbchen-Algen (Desmidiaceen) u. s. w. Neben dem Chlorophyll oder Blattgrün, welches in Gestalt kleiner Körner in den Zellen der meisten Pflanzen enthalten ist, und dieser Abtheilung der lebenden Wesen ihre grüne Uniform verleiht, kommen in den einzelligen, wie in den mehrzelligen Algen häufig goldgelbe, bräunliche, purpurrothe und blaue Farbstoffe vor, welche oft die grüne Grundfarbe völlig verdecken, wie bei jener purpur-

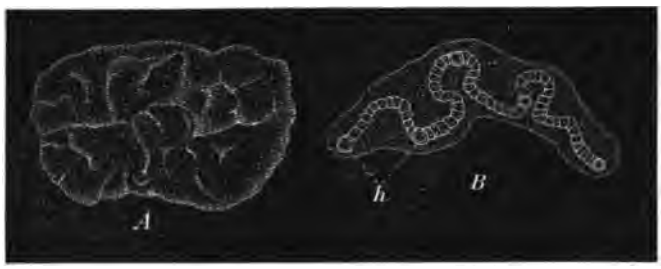


Fig. 104.
A. Nostoc verrucosum. Pflanzenkolonie (unregelmäßig gefaltete Gallertmasse) in natürlicher Größe.
B. Einzelner in der Gallertmasse eingeschlossener Zellfaden vergrößert, mit Grenzzellen (h) u. Gallertscheide.

rothen Schnee-Alge (Sphärella nivalis), die im ewigen Schnee der Alpen und der Polargegenden lebend, im Sommer meilenweite Flächen desselben durch die Unzahl ihrer Individuen scharlachroth färbt, oder der durch Nordenskjöld entdeckten purpurbraunen Alge des ewigen Eises (Ancylonema Nordenskjöldi), der dieser Forscher einen wesentlichen Antheil an dem Abschmelzen der großen Eisanhäufungen der Pole zuschreibt, weil sie vermöge ihrer dunklen Farbe sich stark in den Sonnenstrahlen erwärmt.

Einige hierhergehörige Pflanzen, die Spaltalgen, deren durch fortgesetzte Zweitheilung sich vermehrende Individuen zu langen perlschnurartigen Fäden vereinigt bleiben, schließen sich so nahe den Spaltpilzen an, die wir oben (S. 193) unter den Protisten betrachtet haben, daß sie von einigen Botanikern mit denselben zur Abtheilung der Spaltpflanzen (Schizophyten) zusammengefaßt werden. Aber ihre Zellen enthalten blaugrünen Farbstoff, und ernähren sich selbständig im Lichte. Die bekanntesten darunter sind die Nostoc-Arten (Fig. 104), welche in einer selbst ausgeschiedenen Gallert-Masse leben, die man im Wasser, auf feuchten Wiesen, oder nach starken Gewitterregen auf der Straße findet, als seien sie plötzlich

vom Himmel herabgefallen. Sie trocknen nämlich in der Zwischenzeit zu leichten Häutchen zusammen, die der Wind von dannen führt, und quellen dann im Regen auf, weshalb man sie seit alten Zeiten als Sternschnuppen-Gallerte (Sternschneuze) betrachtete, und noch in unserm Jahrhundert, nachdem die Alchemisten viel damit gearbeitet, in ihnen im Luft- oder Sternenraum „meteorisch erzeugte Urwesen" (vgl. S. 204) erkennen wollte. Es sind diese stahlgrünen oder olivenbraunen, zitternden Gallertmassen gemeint, wenn es im Walpurgisnachtstraum des Faust heißt:

Aus der Höhe schoß ich her
Im Stern- und Feuerscheine
Liege nun im Grase quer;
Wer hilft mir auf die Beine?

Auch das Substrat der Irrlichter hat man in ihnen vermuthet. Sie sorgen übrigens durch Bildung von Dauer- oder Grenz-Zellen (Heterocysten) (Fig. 104 B, h), die sich in bestimmten Abständen in die Perlenschnur einschieben, größer auswachsen und mit einer dicken Haut umgeben, dafür, daß sie auch ohne neue Zufuhr aus den Himmelsräumen auf Erden nicht aussterben. Die dickwandigen Dauerzellen können Jahre lang Trockenheit, Hitze und Kälte ertragen, bis sie in günstige Lebensverhältnisse kommen, den dicken Mantel abwerfen und ein neues Leben beginnen. Die Nostoc-Arten verbinden sich auch mit Pilzen zu Gallertflechten, oder bilden in den Zwischenzellräumen höherer Pflanzen, wie Wasserlinsen, Gunnera-Arten und Cycadeen grüne Nester. Andere Arten solcher „Rosenkranz-Algen" schwimmen im Wasser als Gewirr grünlicher Fäden, von denen manche im Lichte eine schwingende Bewegung zeigen, wie die danach benannten Oscillarien, welche zu den oben erwähnten Algen-Arten gehören, die in ziemlich heißen Quellen vorkommen.

Ein besondres Interesse haben in neuerer Zeit gewisse goldgelb oder grün gefärbte einzellige Algen des Salz- und Süßwassers erregt, deren Lebenszähigkeit so groß ist, daß sie in den Körper durchsichtiger lebender Thiere einwandern und dort in den Strahlen des durch die Oberhaut einfallenden Lichtes weiter gedeihen, sich vermehren und zuletzt einen großen Theil der Oberflächen-Gewebe dieser Thiere erfüllen (Fig. 105). Schon im Jahre 1871 hatte Cienkowsky bemerkt, daß die oben (S. 211) erwähnten gelben Bläschen im Körper der Radiolarien, den Eindruck von außen eingedrungener, einzelliger Algen machten, da sie manchmal gänzlich fehlen, während sie andrerseits den Tod des beherbergenden Wesens überleben. Aber obwohl Häckel im Einklange mit dieser Wahrnehmung beobachtet hatte, daß die gelben Zellen der Radiolarien Stärke produciren, und O. Hertwig, daß ähnliche algenartige Gebilde im Körper verschiedener Seerosen vorkommen, war der Gedanke eines derartigen Zusammenlebens von Pflanze und Thier doch zu fremdartig, um sogleich anerkannt zu werden. Erst später wurde durch Geza Entz und K. Brandt der volle

Beweis erbracht, daß zahlreiche Arten von Wasser-Thieren, namentlich Infusorien, Polypen, Korallen, Quallen und Würmer den gelben und grünen einzelligen Algen, die sie in ihre durchscheinenden Körper aufnehmen, ihre gelbe, grüne oder bläuliche Färbung verdanken, und von ihnen zum großen Theile miternährt werden. Die Algen zersetzen unter dem Einflusse des Sonnenlichtes, die im Wasser enthaltene, und zum Theil von den Thieren selbst ausgeschiedene Kohlensäure, und bereiten Stärkemehl und andre Producte daraus, von denen die Thiere mitzehren. Es findet

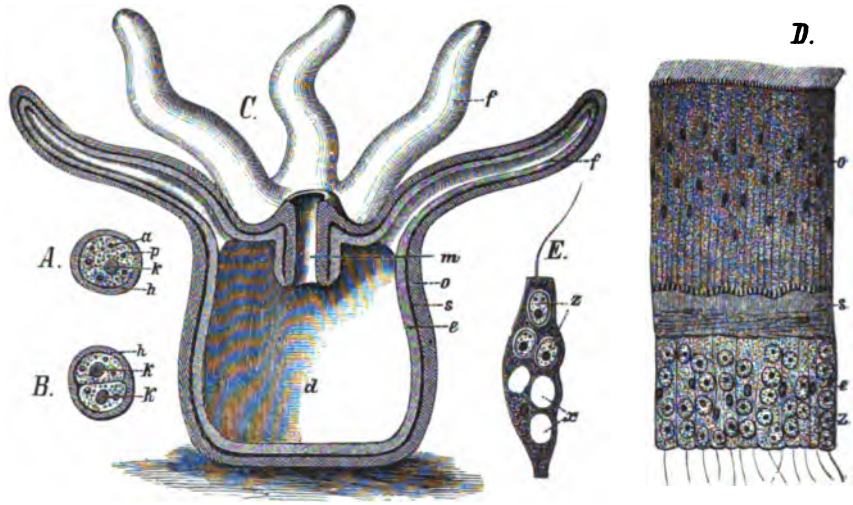


Fig. 105
Einzellige Algen im Körper einer Seerose.
A Die einzellige Alge. B. Dieselbe in Theilung begriffen; k Zellkern, h Zellhaut, a Chlorophyllkörnchen, p Protoplasma. C. Schematischer Durchschnitt einer Seerose. D Querschnitt durch die Wandung f Arm, m Mundöffnung, d Leibeshöhle, o Hautblatt, s Mittelblatt, e das die Algen beherbergende Magenblatt. E Einzelzelle aus dem Magenblatt; z eingewanderte Algen, x Hohlräume, aus denen die Algen herausgedrückt sind. (D. E. A B. fortlaufend stärker vergrößert.) Nach O. Hertwig.

somit ein ähnliches Gegenseitigkeits-Verhältniß statt, wie wir es später bei den Flechten kennen lernen werden, deren Körper aus einzelligen Algen und Pilzfäden zusammengewoben ist, nur daß die Bedingungen des Zusammenlebens (der Symbiose) bei Pflanze und Thier noch günstiger sind, denn das Thier braucht zu seinem Lebensunterhalt Nahrungsstoffe und Sauerstoff und scheidet Kohlensäure aus, die Pflanze aber braucht umgekehrt Kohlensäure, erzeugt feste Nahrungsstoffe und Sauerstoff. Der große von der Pflanzenwelt zur Thierwelt gehende Kreislauf des Sauerstoffs in der Natur erfolgt somit hier im engsten Cirkel. Das Thier ist seinerseits im Stande, die seinem Körper eingelagerten Algen willkürlich dem Lichte auszusetzen und so haben auch die Pflanzen einen Vortheil von

der Aufgabe ihrer Freiheit. Von besonderem Interesse ist hierbei die offenbar auf beiden Seiten stattgefundene Anpassung an die gemeinsame Wirthschaftsführung, von der wir in complicirteren ähnlichen Fällen sehr bemerkenswerthe Resultate kennen lernen werden. Man kann die Eindringlinge in solchen Fällen also nicht als Schmarotzer betrachten, sondern bezeichnet beide Wesen als Mutualisten oder Gesellschafter. Natürlich kann das Gedeihen der Algen nur in solchen Thieren geschehen, die eine durchsichtige Oberhaut besitzen; niemals findet man lebende Algen in Thieren, deren durch dunkle Pigmente gefärbte Oberhaut kein Licht in die innern Gewebe hineintreten läßt.

Dieser merkwürdigen gegenseitigen Anpassung entspricht die Lebensweise der betreffenden Thiere. Geddes hatte schon vor Jahren beobachtet, daß an der französischen Küste lebende grüne Plattwürmer im flachen Wasser den hellen Sonnenschein aufsuchen, im Lichte Stärke und überschüssigen Sauerstoff produciren, und alsbald absterben, wenn sie fortgesetzt im Dunklen erhalten werden. Sie scheinen also die gewöhnliche Ernährungsweise der Thiere gänzlich verlernt zu haben, durchaus darauf angewiesen zu sein, sich die Sonne in den Leib scheinen zu lassen, und von dem Ertrage ihrer inneren Gemüsezucht zu leben, während andere Algen aufnehmende Thiere auch ohne dieselben leben können. Jene Würmer sowohl, wie gewisse durch Algen olivengrün gefärbte Seerosen scheinen auch durch ihre lebhaften Bewegungen im Sonnenschein anzudeuten, eine wie angenehme Erregung es ihnen verschafft, wenn die Sonne in ihrem Innern Sauerstoff und Nahrungsstoffe erzeugt, ohne daß sie sich um Erlangung derselben zu mühen brauchen. Natürlich ertragen sie eine fortwährende Besonnung nicht, und die Radiolarien pflegen ihre gelben Zellen nur im gemilderten Tageslichte in die Höhe zu tragen, bei stärkerem Lichte aber wieder in die dämmernden Tiefen zu versinken.

Die Art der Einlagerung der einzelligen Algen in eine Seerose zeigt uns Figur 105. Wir sehen daselbst eine solche einzellige Alge zunächst für sich in stärkerer Vergrößerung und in Theilung begriffen dargestellt, ferner den schematischen Durchschnitt einer Seerose, deren Körperwandung aus drei Schichten besteht, von denen die innerste (das Magenblatt) die Algen in ihr Gewebe aufnimmt. Einige für sich dargestellte Gewebstheile zeigen die Algenschicht noch deutlicher. Ganz ähnlich stellt sich die Einlagerung bei dem grünen Armpolypen unsrer Süßwässer (vgl. S. 155) und bei den grünen Würmern dar. Doch darf man nicht glauben, daß alle grüngefärbten niedern Thiere durch Algen und Chlorophyll gefärbt seien, wie es andererseits nach Engelmann auch Thiere geben soll, die im Stande sind, ohne Vermittlung der Pflanzenzelle in ihrem Körper Chlorophyll zu erzeugen. Die ersteren, durch das Isoliren und Fortleben der aus dem Gewebe herausgedrückten Algen über allen Zweifel erhobenen Fälle des engen Zusammenlebens von Pflanze und Thier gehören zu den lehrreichsten

Beispielen von der Anpassungsfähigkeit der lebenden Wesen. Da die Blattgrünkörnchen (Chlorophyll) in mancher Beziehung an diese grünen Einmiether der Thiere erinnern, so ist die kühne Idee aufgetaucht, daß vielleicht auch die höhern Pflanzen Doppelwesen seien, und ihre grüne Farbe einzelligen Algen verdanken, die in ihren Zellen leben, und sich allmälig so stark verändert haben, daß sie nicht mehr, wie die Algen-Einmiether der Thiere für sich zu leben vermögen. Wir werden weiter unten von ähnlichen

Fig. 106.
Diatomeen-Sand.

Bündnissen höherer Pflanzen mit Faden- und Spaltpilzen hören, die ihre Wurzeln umstricken oder erfüllen, und den Pflanzen bei ihrer Ernährung sehr nützlich sind, so daß die Bündnißfähigkeit der niedern Algen und Pilze dort zweifellos feststeht. Beim Blattgrün aber stößt die Hypothese auf Schwierigkeiten.

Zu den höheren einzelligen Algen rechnet man die Kieselalgen (Bacillarien oder Diatomeen), die ihre Namen nach ihrer Hülle, Gestalt und Vermehrungsweise empfangen haben. Unter dem Mikroskope zeigen sie eine reiche Formenwelt von krystallinischer Starrheit (Fig. 106). Es sind kleine Stäbchen, Schiffchen, Geigen, Halbmonde und andere zierliche Spielzeuge, die meisten mit durchschimmerndem Zellkern im Innern, während die zarte Reliefarbeit der Schale zum Prüfstein der vergrößernden

Kraft guter Mikroskope sich darbietet (vgl. Fig. 107). Die meisten dieser oft zu Tausenden neben einander anzutreffenden Zellen sind mit einem harten Kieselpanzer umgeben. Der für sich lebenden republikanischen Pflanzenzelle ziemt die stärkere Abschließung von der Außenwelt, und dieser Charakter hat sich hier gewissermaßen versteinert. Natürlich bleiben feine Oeffnungen, Poren, durch welche hier, wie im organischen Reiche stets, der Gas- und Flüssigkeits-Austausch stattfindet, und das Licht regt auch innerhalb dieser von organischer Masse erfüllten Kieselpanzer die Bildung von Chlorophyll und Stärke an, von denen das erstere, durch einen gelbbräunlichen Farbstoff verdeckt, sich an der Innenwand der Zelle in zierlichen Streifen ablagert, ähnlich wie bei den nächst höheren Algen.

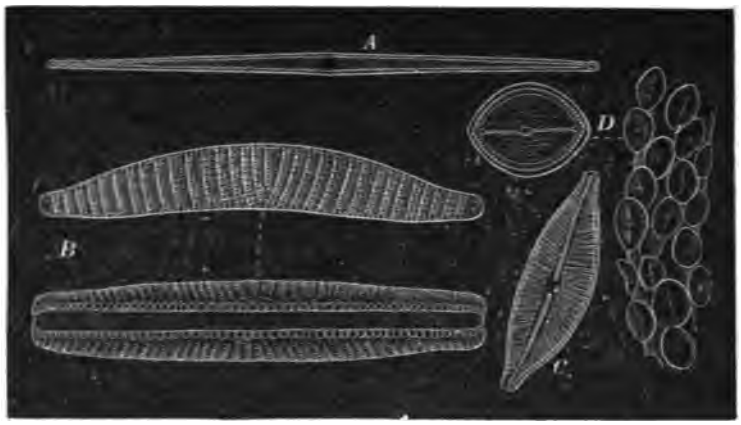


Fig. 107.
Verschiedene Diatomeen stärker vergrößert. A. Synedra radians B. Epithemia turgida von 2 Seiten. C. Cymbella cuspidata. D. Cocconeis pediculus (rechts zahlreiche Exemplare an einem Pflanzenstengel, links ein stärker vergrößertes).

Man könnte daran zweifeln, ob diese Spaltpflänzchen, welche jetzt in ungeheuren Massen auf dem Grunde süßer und salziger Gewässer leben, in der ältesten Vorwelt eine Rolle gespielt haben. Trotz der Kieselschalen, welche einzelne Arten, die dadurch zur Erhaltung geeignet werden, besitzen, scheinen sich keine derselben in den ältesten Urschiefern erhalten zu haben; in spätern Erdbildungsperioden dagegen traten sie mit einer, ihrer schnellen Vermehrungsfähigkeit entsprechenden Massenhaftigkeit auf, und nahmen, wie manche andre einfache Organismen, an dem Aufbau des festen Landes erheblichen Antheil. In der Lüneburger Heide findet man Schichten von vierzig Fuß Mächtigkeit, ja Berlin steht zum Theile auf Ablagerungen dieser Art, die eine Mächtigkeit von hundert Fuß erreichen. Die Tripelerde und der Biliner Polirschiefer verdanken dem Reichthum an diesen Kieselschalen ihre Brauchbarkeit zum Putzen und Poliren; einzelne Erden,

wie z. B. das schwedische Bergmehl und die sogenannten Kieselguhre, angeblich eine geringe, in den organischen Resten ruhende Nahrhaftigkeit, wie man wenigstens daraus geschlossen hat, daß die „erdessenden" Völker solche Kieselguhre zur Stillung ihres sonderbaren Appetites bevorzugen. Die Bedeutung der Lagerhöhen, von denen wir eben gesprochen, und des in ihnen weniger mit vereinten Kräften als durch Anhäufung der Körper Erreichten, tritt erst zu Tage, wenn wir erfahren, daß ihrer Zehntausend dieser Stäbchen-Algen aneinandergelegt, nur die Länge eines Zolles einnehmen würden, und daß von manchen Arten eine Milliarde auf ein Gramm geht. Allein in der Vorzeit lebten größere Arten und in den Triasschichten findet man wahre Ungeheuer dieser kleinen Welt, linienlange Bactryllium-

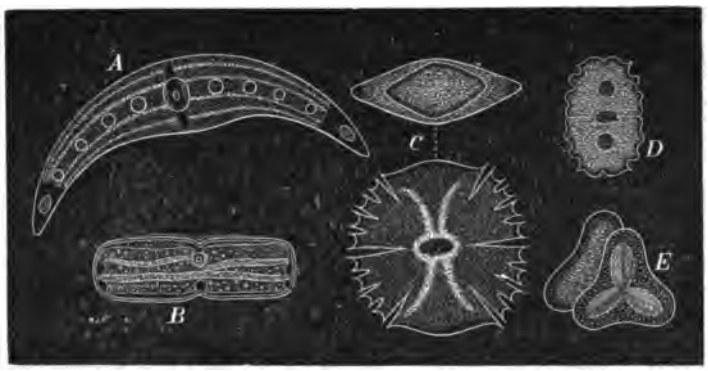


Fig. 108.
Desmidiaceen. A. Closterium moniliferum. B. Penium crassiusculum. C. Micrasterias semiradiatum (von 2 Seiten). D. Euastrum bidentatum. E, Staurastrum muticum.

Arten neben dem Laube der höher entwickelten Meerestange, auf denen sie gelebt zu haben scheinen.

Gleich den nahe verwandten Weichstäbchen (Desmidiaceen Fig. 108), welche keinen Panzer, sondern eine gewöhnliche Zellhaut abscheiden, und wie Klebs nachgewiesen hat, an feinen, durch Methylviolett sichtbar zu machenden Schleimfäden im Wasser hin- und hergleiten, sind diese Urpflänzchen symmetrisch aus zwei Hälften zusammengesetzt, und theilen sich bei der Vermehrung, wie die gewöhnliche Zelle, in diese zwei Hälften. Jeder Hälfte wächst dann schnell die fehlende andere Hälfte nach, und es sind wieder zwei Ganze vorhanden, die sich weiter theilen können, ohne daß man hier, wie beim Menschen, von einer „besseren Hälfte" reden dürfte. Indem dieser Vorgang sich in derselben Richtung wiederholt, bilden sich Individuen-Ketten, ähnlich wie bei den schon oben (S. 215 u. 216) besprochenen Nostochinen und Oscillarien. Allein diese Kettenzellen, die perlschnurartig zusammenhängen, wie sie auseinander hervorgegangen sind, bilden gleichwohl

kein zusammengehöriges Ganzes, keine vielzellige Einzelpflanze, es handelt sich vielmehr nur um eine vorübergehende lose Gemeinschaft; die jungen Republikaner sind eben ihrer Entstehung entsprechend nur im Gänsemarsch aufmarschirt, Jeder ist sich selber genug.

Bei ihrer wiederholten Zweitheilung, die in kurzer Zeit durch die progressiven Verdoppelungen eine ungeheuere Personenzahl hervorbringen kann, fordert nun ein besonderer Umstand unsere Aufmerksamkeit heraus. Der Kieselpanzer der Diatomeen wächst nicht, und wenn sich die Person getheilt hat, so fällt die jüngere nachwachsende Hälfte etwas kleiner aus,

Fig. 109.
Surirella dentata.
n Der Zellkern,
p Protoplasma-Ströme

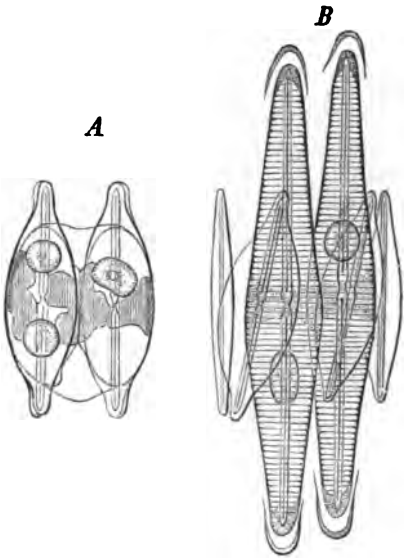


Fig. 110.
Auxosporen-Bildung von Frustulia saxonica.
A. Die Vereinigung der beiden Diatomeen. B. Die beiden über die ursprünglichen Schalen hinausgewachsenen Auxosporen.

weil die ältere Mantelhälfte über die jüngere hinweggreift, wie der Deckel (d) einer Schachtel über ihren untern Theil (s Fig. 109). Die jüngere Hälfte ergänzt sich nach der neuen Theilung durch eine noch mehr verjüngte Hälfte, und so nimmt die Durchschnittsgröße der einzelnen Generationen stetig ab, bis sie endlich bei einem Minimum der Artgröße anlangt. Wie sich nun der Organismus hilft, um wieder zu seiner früheren Größe zu gelangen, hat zuerst Pfitzer beobachtet. Es lassen entweder die Kieselhälften den Inhalt heraustreten und das freigewordene Protoplasma umgiebt sich vorläufig mit einer weichen Haut, um heranwachsen zu können, oder zwei Kieselzellen vereinigen ihren Inhalt, um ein großes Individuum, eine Auxospore zu bilden, oder es trennen sich nach der Vereinigung (bei

Frustulia, Fig. 110) die beiden Hälften wieder von einander und wachsen zu zwei Auxosporen heran, welche reichlich die doppelte Länge der früheren Zellen besitzen. Man nennt diesen Vorgang, der auch bei etwas höher stehenden, grüne Ketten oder Fäden bildenden Algen, z. B. bei den durch ihr grünes Spiralband von Chlorophyll ausgezeichneten Spirogyra-Arten (Fig. 111) unserer Teiche und Gräben wiederkehrt, eine Paarung (Kopulation) und alle diese Algen, Paarungs-Algen (Konjugaten); auch ist man wohl berechtigt, darin ein Vorspiel der geschlechtlichen Erzeugung zu

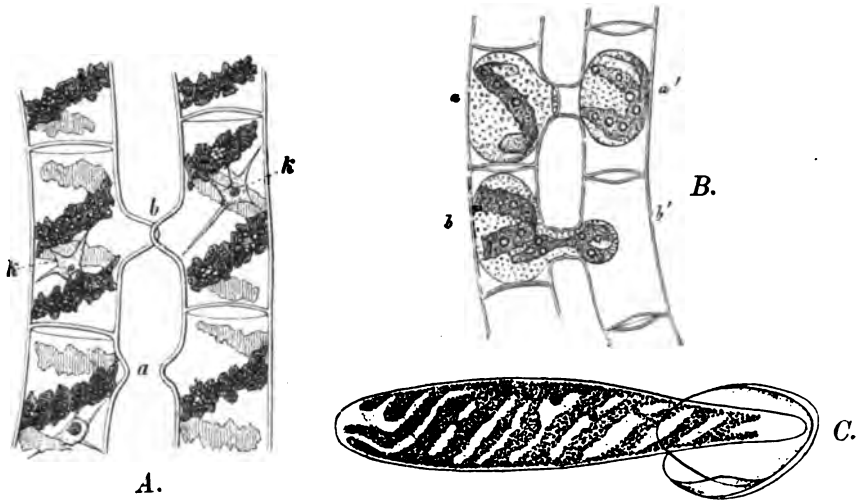


Fig. 111.
Zwei Fäden von Spirogyra longata, A in beginnender, B in fortschreitender Kopulation (bei a b). Man sieht das schraubiggewundene Blattgrünband und die Zellkerne k. C keimende Spore einer Spirogyra.

erblicken. Zwar ist hier nicht von der Vereinigung männlicher und weiblicher Zellen die Rede, sondern von derjenigen zweier geschlechtsloser Zellen, allein es ist immerhin ein Zusammenwirken zweier verschiedenen Individuen, bei welchem eine Kraft-Ergänzung und damit eine erhöhte Wirkung erreicht wird, und man kann aus Analogieen schließen, daß die Verschiedenheit der beiden, an der Erzeugung der Auxospore betheiligten Personen von vortheilhaftem Einflusse für die Nachkommenschaft ist. Ja man könnte vielleicht noch weiter gehen und in ähnlichen Vorgängen der Urwelt, bei denen die Paarung zweier geschlechtsloser Zellen ein nothwendiges Ausgleichsmittel der durch schnell wiederholte Zweitheilung drohenden Erschöpfung war, die entferntere, mechanisch wirkende Ursache zur Ausbildung eines geschlechtlichen Gegensatzes suchen. Jene Auxosporen oder Erstlingszellen der Bacillarien und Desmidiaceen beginnen dann von Neuem ihren Zweitheilungsproceß, der nun wieder stets kleinere und schwächere Zellgeschlechter

zur Folge hat. So besteht bei ihnen das Leben jeder einzelnen Art unter einem stetigen Sinken der Nachkommen, die nur von Zeit zu Zeit ein neuer Aufschwung zur verlassenen Höhe der früheren Größe zurückführt.

In Folge ihrer Vermehrungsweise durch in demselben Sinne wiederholte Zweitheilung hängen schon diejenigen niederen Algenformen, welche als Einzelzellen ihre volle Unabhängigkeit bewahren, häufig ketten- oder perlschnurartig zusammen, und bilden so im einfachsten Falle grüne Fäden, die oft im Lichte eine schwingende Bewegung vollführen. Allein bald mag sich ergeben haben, daß ein solches Zusammenleben doch auch seine Vortheile hat, denn wenn wir von einigen sonderbaren, nachher zu erwähnenden Fällen absehen, in denen selbst größere Algen scheinbar einzellig geblieben sind, so finden wir alle höhere Entwicklung erst durch die Vereinigung vieler Zellen zu einer zusammengesetzten Person erreicht, sofern erst dadurch eine wirkliche Arbeitstheilung möglich wird. Die selbständig umherschweifende Einzelzelle zahlreicher Algen und Urthiere, die ihr Lebelang nur aus einer solchen bestehen, muß wie der Indianer, alle ihre Bedürfnisse selbst befriedigen, ihr eigener Bekleider, Ernährer und Wächter sein. Wir sehen an den unvollkommenen Leistungen des Indianers, daß bei einer solchen Tausendkünstelei nicht viel herauskommt und die Wissenschaft selbst, in der es nur noch Specialforscher, aber selten sogenannte Polyhistoren von Ruf giebt, beweist uns, daß Arbeitstheilung die erste Bedingung zum Fortschreiten und Vervollkommnen ist.

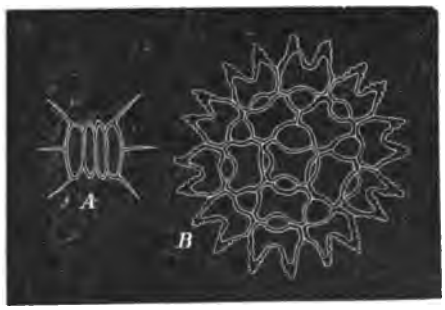


Fig. 112
A. Scenedesmus quadricauda. B. Pediastrum asperum.

Die Arbeitstheilung ist aber, wie gesagt, nur in einem Zellenstaate möglich und wir beobachten deshalb mit Erstaunen auch bei den Pflanzen das bei einigen Urwesen vorkommende merkwürdige Schauspiel, daß frei geborene Zellen in größerer Anzahl (bei Hydrodiction, Scenedesmus, Pediastrum u. A.) nachträglich zur Bildung eines Gemeinwesens zusammentreten, viel enger als die Ameisen, die einen Staat bilden (Fig. 112). Die erste Arbeitstheilung, die man im Pflanzenreiche bei diesen, einfache Fäden, Kugeln, Sterne oder Netze bildenden Gemeinwesen beobachtet, betrifft nun die Fortpflanzung und Erhaltung der Gattung. Während bei den einzelligen Algen jede Zelle Vater und Mutter zugleich ist, widmen sich hier einzelne Zellen ausschließlich dem Fortpflanzungs-Geschäfte, indem sie, wahrscheinlich von den Nachbarn miternährt, stärker auswachsen und Kraft aufsparen. Die andern Zellen gehen zu Grunde, während diese sich mit einer dicken Haut umgeben, und nach

einer kürzeren oder längeren Ruhepause durch schnell wiederholte Doppeltheilung erst in zwei, dann vier, acht, sechszehn u. s. w. Zellen zerfallen, die einen neuen Zellenstaat bilden.

Bei einigen Arten aber, die an die oben (S. 201) beschriebene **Magosphära** erinnern, bilden sich in diesen lose verbundenen Zellenstaaten bereits wirkliche geschlechtliche Gegensätze aus. Bei den **Volvox**-Arten (Fig. 113) schaart sich eine oft sehr große Zahl Zellen (bis zu 12000)

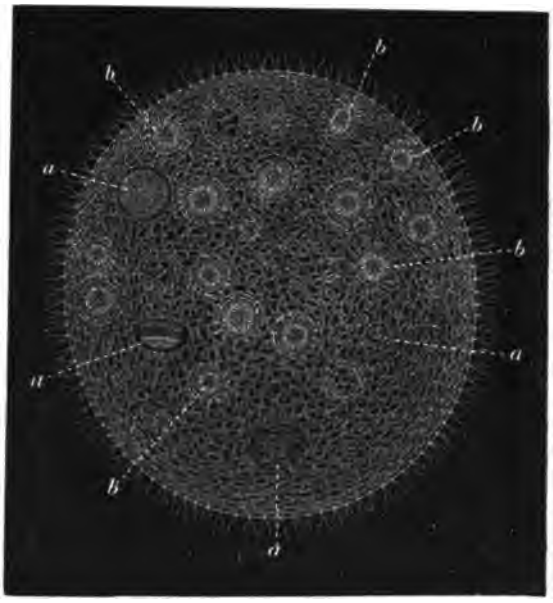


Fig. 113.
Eine Familie mit männlichen Zellen (a), welche Samenfäden (Spermatozoiden) enthalten und weiblichen Zellen (b), die sich zu Eizellen ausbilden.

zu einer Kugelschicht um einen wassergefüllten Raum. Die Mehrzahl dieser Zellen sind rein vegetativer Art, mit Blattgrünkörnchen, einem zusammenziehbaren Hohlraum (Vacuole) und 2 Geißeln, so daß jede Zelle ein selbständiges Wesen bleibt, welches gegebenen Falls sich trennen, davonschwimmen und durch Theilung einen neuen Staat bilden, oder einem andern Gemeinwesen sich anschließen könnte. In diesen Zellenstaaten bilden sich nun einzelne Zellen zu großen unbeweglichen Eizellen (**Oogonien** b) und andere (a), theilen sich und bilden tafelförmige Vereinigungen zahlreicher (64 bis 128) männlicher Zellen. Die Befruchtung der Eizellen findet innerhalb der Gemeinschaft statt; es entsteht eine Eispore (**Oospore**), deren Keimung zunächst eine kleine wenigzellige Familie liefert. Aber diese Bildung eigener **Geschlechtszellen** (**Gameten**) erscheint hier nur, ähnlich

der oben beschriebenen Bildung von Auxosporen, wie ein noch nicht ganz gesicherter Fortschritt in der Arbeitstheilung zwischen den Einzelzellen, denn neben den Gameten entdeckt man einzelne, durch ihre Größe vor den gewöhnlichen vegetativen Zellen ausgezeichnete, welche der ungeschlechtlichen Vermehrung dienen und durch wiederholte Zweitheilung ebenfalls neue Familien erzeugen.

So sehen wir die erste Arbeitstheilung im Pflanzenreiche auf Ernährung und Fortpflanzung gerichtet; diese im Wasser schwimmenden

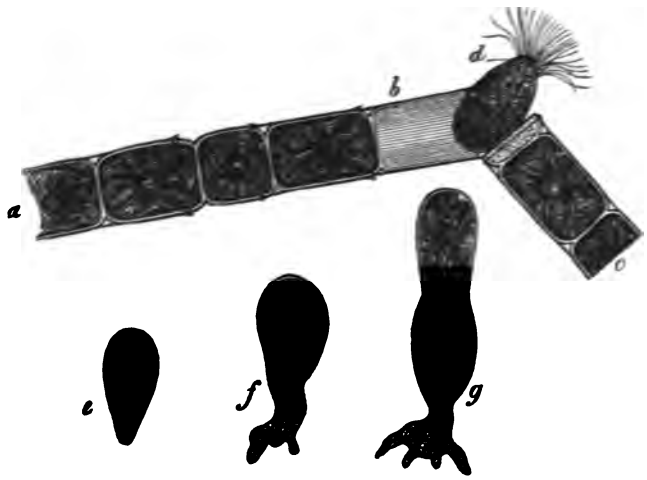
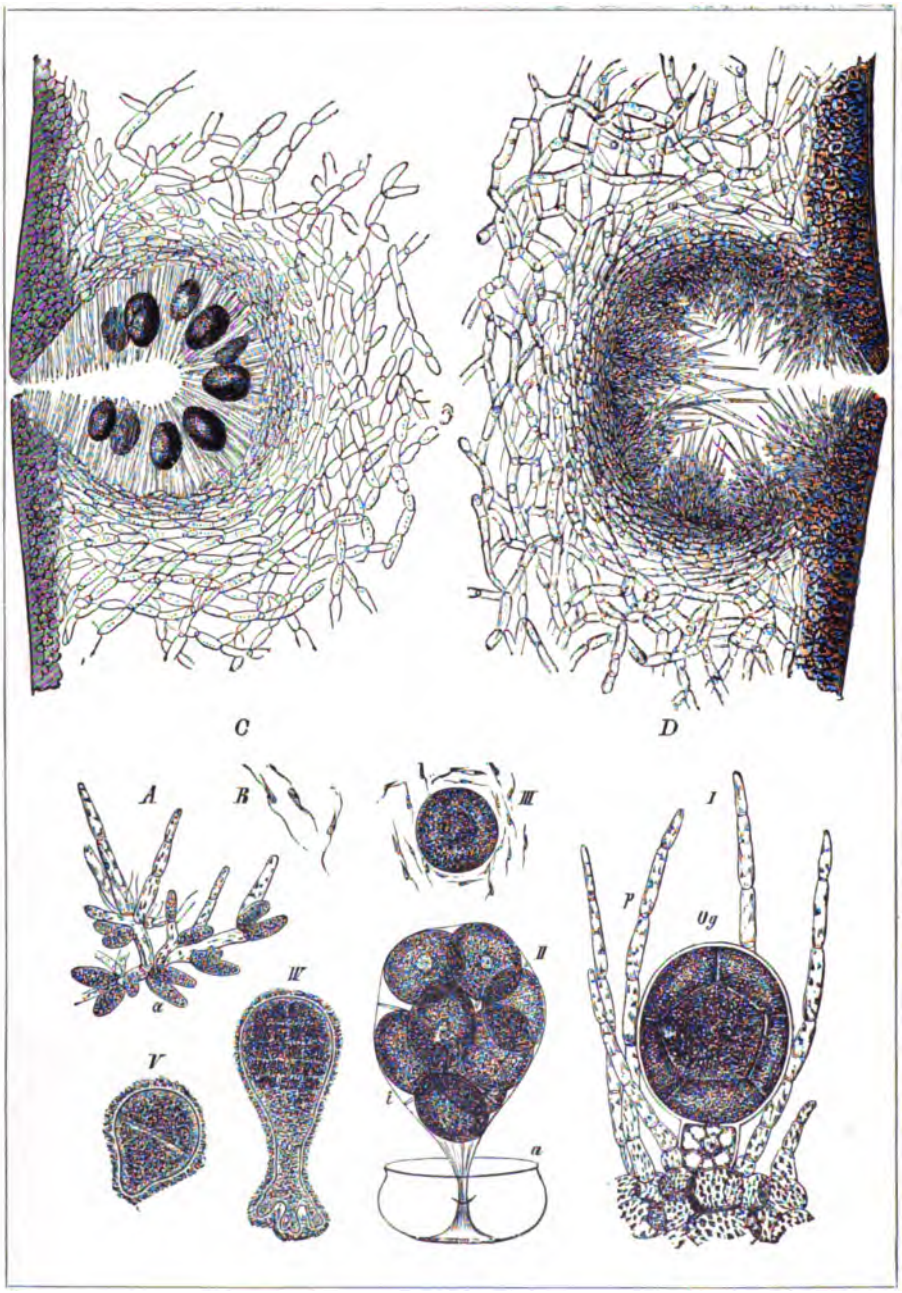


Fig. 114.
a, b, c, d Geburt einer Schwärmspore (d) bei einer Fadenalge, und e, f, g Keimung derselben.

kleinen Pflänzchen bedürfen noch keines Stütz- oder Skelettgewebes, keiner saftleitenden, ausscheidenden, schützenden Zellen, wie die höhern Pflanzen; die einzelne Zelle kann noch die mancherlei Geschäfte des Lebens zusammenbesorgen. Ueberhaupt erreicht ja die Arbeitstheilung der Zellen im pflanzlichen Organismus niemals eine so bedeutende Ausdehnung wie im thierischen, denn die meisten Thätigkeiten der Pflanzenorgane zielen auf Wachsthum, Ernährung von unmittelbar sich darbietenden Stoffen und Erhaltung der Art (Vermehrung) ab, Aufgaben, deren Erfüllung man deshalb auch wohl im thierischen Leben als die vegetativischen Lebensthätigkeiten bezeichnet. Die Pflanze findet, festgewachsen oder im Wasser hin und her getrieben, ohne Mühe ihre Nahrung in der überall hindringenden Luft; das Thier muß seine substanziellere aufsuchen, und bedarf dazu der Entwicklung von Sinnes- und Bewegungsorganen, die eine einheitliche, geistige Leitung erfordern. Die Entbehrlichkeit einer solchen Zusammenfassung für die von Luft lebenden Wesen gestattet das Maß größerer persönlicher Freiheit und Selbständigkeit der Pflanzenzellen auch in den höheren Gewächsen.



Fortpflanzung und Keimung des Blaſentang.

Neben der Bildung jener ruhenden Keimzellen oder Sporen tritt als ein noch häufigerer Fall die Verjüngung einzelner Zellen zu sogenannten Schwärmsporen ein, die, mit ein, zwei oder vielen Wimperhaaren versehen, lebhaft sich drehend, die Freiheit suchen, nach stunden- oder tagelangem Schwärmen einen Anheftungspunkt im Wasser finden und dort durch Keimung oder Zelltheilung zu einer neuen (zusammengesetzten) Person auswachsen (Fig. 114). Der erste Botaniker, welcher diesen Vorgang im Jahre 1843 beobachtete, Unger, wagte seinen Augen nicht zu trauen, und glaubte, angesichts dieser lustig umherschwärmenden Keimzelle, in der That annehmen zu müssen, die Pflanze habe ein Thier geboren. Diese freie Bewegung der Fortpflanzungszellen mit Hilfe rudernder Auswüchse und Wimpern ist unter den niedern Pflanzen eine so allgemeine Erscheinung, daß man schon daraus auf einen gemeinsamen Ursprung mit dem Thierreiche, in welchem sie bleibend auftritt, schließen möchte.

Fig. 115.
Fucus vesiculosus.

Bei den einen wirklichen Zellenleib bildenden höhern Algen nimmt dann die ungeschlechtliche, wie die geschlechtliche Fortpflanzung Formen an, die schon mehr an die Knospen-, Fruchtknoten- und Blumenstaub-Bildung der höheren Gewächse erinnern. Es kann nämlich die ungeschlechtliche Vermehrung durch sich theilende Knospungszellen schon auf der elterlichen Person stattfinden, so daß dann gleich ein Zellenhäufchen ins Meer hinauswandert, es kommt endlich zur Ausbildung besonderer, rein weiblicher Organe, die nur empfangende Zellen, und rein männlicher, die nur Befruchtungszellen hervorbringen. Wir können die einzelnen Stufen dieses Fortschrittes, die sich bei verschiedenen Algen beobachten lassen, nicht im Einzelnen verfolgen, sondern wollen ihn nur in seiner Vollendung bei der häufigsten Alge unserer Küsten, dem nach seinen blasenförmigen, das Schwimmen erleichternden Auftreibungen sogenannten Blasentang (Fucus vesiculosus, Fig. 115) betrachten, wobei wir uns der Zeichnungen und Beschreibungen Thuret's, des genauesten Beobachters dieser Vorgänge bedienen. (Vgl. die Tafel „Fortpflanzung und Keimung des Blasentang".) Die Familie der Fucoideen oder Brauntange enthält meistens olivengrün gefärbte und blattartig verbreiterte, oft gablich verzweigte Algen, die im seichten Meeresgrunde wurzeln, bis zur Oberfläche wachsen und entweder männliche und weibliche Zellen auf demselben Stocke erzeugen, oder auf verschiedenen, wie im vorliegenden Falle. Wir sehen an einzelnen Zweigspitzen maulbeerartige Häufungen kleiner Behälter, deren jeder sich später mit einer kleinen Mündung nach Außen öffnet. Bringt man Längsschnitte dieser Kammern unter das

Mikroskop, so sieht man sie mit gegeneinander geneigten Zellhaaren erfüllt, zwischen denen sich bei der weiblichen Pflanze größere eiförmige Mutterzellen, bei der männlichen kleinere längliche Mutterzellen (D) entwickeln.

Jede der großen Zellen der weiblichen Pflanze bildet in ihrem Innern acht weibliche Tochterzellen aus (I. Og.), die endlich aus ihrer zerreißenden Doppelhülle ausschwärmen (II), und darauf von den kleinen, mit Wimpern versehenen männlichen Zellen (Spermatozoiden) umschwärmt werden, die inzwischen in den sogenannten Antheridangien (A. a) gereift und mit der Lebhaftigkeit wimpertragender Infusorien ausgeschwärmt sind (B). Man hat die Begegnung mit der Eizelle unter dem Mikroskope bewirkt, und gesehen, wie sie sich in Schaaren um dieselbe drängten, sich anhefteten und sie in eine schnelle, erst nach einiger Zeit aufhörende Drehung versetzten (III). Die Befruchtung erfolgt, indem einer oder einige dieser Spermatozoiden in die hautlose Eizelle eindringen, und so eine Verschmelzung des beiderseitigen Bildungsstoffes bewirken. Die befruchtete Eizelle umgiebt sich erst jetzt mit einer festeren Haut, setzt sich nach kurzem Umherschwimmen irgendwo fest, und wächst durch Zellentheilung zu einer jungen Pflanze aus (IV. V). Es rechtfertigt sich ein genaueres Eingehen auf diesen Befruchtungsvorgang, weil er nicht nur in ganz ähnlicher Weise bei vielen blüthenlosen Pflanzen wiederkehrt, sondern auch bei allen eigentlichen Thieren bis zu den höchsten hinauf, fast genau ebenso verläuft, wie bei dieser Alge, während er bei den höheren Pflanzen abweichende Wege einschlagen mußte, weil dort die Befruchtung nicht ebenso im Feuchten vor sich gehen konnte. Man ersieht hieraus, wie auch in dieser Beziehung Pflanzen und Thiere in ihren Anfängen einander nahestehen, so nahe, daß wir an einer verhältnismäßig niedrig stehenden Pflanze eines der größten Mysterien des thierischen Lebens mit erledigen können, ohne genöthigt zu sein, später anders als in theoretischer Beziehung bei der Vererbungsfrage auf dasselbe zurückzukommen. Gewiß dürfen wir es als ein großes Jubeljahrtausend der organischen Entwicklung betrachten, jenes Zeitalter, in dem sich dieser Vorgang bei niedern Pflanzen und Thieren zum ersten Male in dieser Vollendung vollzog. Er hat keinen Sänger gefunden, der das große Ereigniß feierte und doch sollte man denken, ein wonniger Schauer müsse das Weltall durchzittert haben, als die von Plato geträumte Trennung oder vielmehr Sonderung und Entstehung der beiden Geschlechter stattfand, die sich seitdem ewig suchen. Es ist der Urquell der Poesie, der schon im urkundenlosen Reiche der frühesten Vorwelt aufsprudelte, als dem Weiblichen in der Natur zuerst ein Männliches entgegentrat.

Bei ihren 1877 angestellten Untersuchungen über eine Kalkalge des Mittelmeeres (Acetabularia Fig. 116) hatten A. de Bary und Strasburger beobachtet, daß die Geschlechtszellen (Gameten) derselben sich gegenseitig anziehen und dabei sogar den Einfluß des Lichtes — dem sie sich sonst entgegen bewegen — überwinden, und so zur Paarung

gelangen. Diese gegenseitige Anziehung findet aber nur zwischen zwei aus verschiedenen Sporangien stammenden Gameten statt, eine interessante Vorstufe dessen, was wir später von höheren Pflanzen erfahren werden, welche die Fremdbefruchtung vorziehen und durch alle möglichen Umbildungen der Blüthen fördern. Die nämliche Anziehung, die physikalisch genommen schon Empedokles als Wesen der Liebe dargelegt hatte, beobachtete Falkenberg bald darauf an den Gameten einer andern Alge. Wurde dem Wasser, welches Samenfäden dieser Alge enthielt, ein befruchtungsfähiges Ei hinzugefügt, so hatten sich in wenigen Augenblicken von allen Seiten her, sämmtliche Samenfäden um dieses Ei versammelt, selbst wenn dasselbe mehrere Centimeter von ihrer Gemeinde entfernt schwamm. Auch hier wurde die Wirkung des Lichtes durch die Anziehungskraft des Eies überwunden und diese sympathische Fernwirkung äußerte sich nur auf die Samenfäden derselben Art und nicht mehr auf diejenigen verwandter Arten. Spätere Untersuchungen von Pfeffer und andern Pflanzen-Physiologen haben dann gezeigt, daß es nicht physikalische Kräfte, sondern verschiedenartige chemische Reize sind, welche die Samenfäden zum Ei locken. So konnte festgestellt werden, daß es bei den Farnkräutern eine geringe, in dem letzteren abgesonderte Spur von Aepfelsäure-Salzen ist, welche die Samenfäden unwiderstehlich anzieht, einzutreten; bei den Moosen handelt es sich um eine wirkliche Nektarquelle, denn das Reizmittel, welches bei ihnen die Samenfäden anlockt, besteht aus Zucker; die Reizmittel der Algen sind noch nicht bekannt. Wurden jene Reizmittel in der gehörigen Verdünnung, die sehr weit gehen kann, in feine Glasröhren gebracht, so traten die entsprechenden Samenfäden alsbald in dieselben ein, wenn erstere in Wasser getaucht wurden, welches mit denselben besetzt war. Und zwar traten die Samenfäden der Farnkräuter nur in die Apfelsäureröhren und die der Moose nur in die Zuckerröhrchen, wobei selbst noch Spuren von 0,001 % Aepfelsäure eine erkennbare Anziehungskraft äußerten. Später bei höhern Pflanzen und Thieren erhält das Ei, welches hier nur eine nackte Zelle darstellt, Hüllen, die aber einen offenen Zugang lassen; sie erhalten einen festen Standort in besondern Organen (Fruchtknoten und Eierstöcken), aus denen sie meist erst nach der Befruchtung und Reifung hervortreten, obwohl bei Wasserthieren selbst auf höheren Stufen noch die Begegnung der beiden Geschlechtszellen außerhalb des mütterlichen Körpers im Wasser stattfindet. Für die männlichen Zellen ist das Ausschwärmen und Aufsuchen der weiblichen schon von den niedern Algen und Thieren an zur ausnahmslosen Regel geworden. Das alte Sprichwort „keine Regel ohne Ausnahme" dürfte hier vielleicht einmal nicht zutreffen. Hunger und

Fig. 116.
Acetabularia mediterranea.

Liebe, welche das Getriebe der Welt erhalten, was ließe sich über diese Probleme nicht zusammenphantasiren! Doch wir müssen zu unserm Thema zurückkehren.

Mit der Errungenschaft der Geschlechtstrennung hatten die Naturwesen ein Steigerungsmittel ihres Verjüngungstriebes gewonnen, welches namentlich für die freibewegliche Thierwelt ein mächtiger Hebel zur Vervollkommnung und ebenso zur Verschönerung der Formen werden sollte, indem bei ihnen eine gegenseitige Wahl, die geschlechtliche Zuchtwahl möglich wurde. Ohne Zweifel besaßen die Abkömmlinge sich paarender ungleichartiger Zellen Vorzüge vor denen gleichartiger Paarungs-Zellen, die ihnen und ihrer Entstehungsweise den Sieg verschafften. Es mag langsam gegangen sein, ehe dieser Sieg entschieden war, aber wir wissen, daß die Erdgeschichte in ihren ältesten Epochen, welche eine unendlich größere Dauer hatten, als alle späteren, Raum genug für solche langsamen Entwicklungen bot. Denjenigen aber, welche mit der religiösen Schöpfungsmythe glauben möchten, es müsse von Anfang an „Männlein und Fräulein" erschaffen worden sein, können wir außer den noch heute fortlebenden einfachsten Organismen, die sich niemals paaren, auch in der Entwicklungsgeschichte derer, die es thun, ein Zeugniß vorweisen, daß sie es nicht von Anbeginn gethan haben. Dies Zeugniß für die vollkommene „Sündlosigkeit" der Urwelt in dieser Beziehung liegt darin, daß die Anlage eines jeden Individuums, auch der höheren Gattungen, noch heute durch ungeschlechtliche Fortpflanzung einer Keimzelle vorgebildet werden muß, ein Verhältniß, was bei den niedern Pflanzen und Thieren noch sehr deutlich erhalten ist und sich oftmals in der regelmäßigen Abwechselung der geschlechtlichen Fortpflanzung mit einer vollständig geschlechtslosen Generation ausspricht, in ihren höher gestiegenen Nachkommen jedoch viel undeutlicher geworden ist.

Als höchst merkwürdig muß es nun erscheinen, daß wir bei Algen, die unstreitig höher stehen, als die Fucoideen, einen Fortpflanzungsweg eingeschlagen sehen, der von demjenigen der übrigen Algen und niedern Wasser- und Land-Pflanzen, sowie der Thiere abweicht und demjenigen der höhern Blüthenpflanzen gleicht, ihn gewissermaßen vorzubereiten scheint. Es sind die Floridеen, oder Rothtange, schön rosen- bis purpurrothe Algen, die meist im tieferen Meere wachsen, und bei denen die grüne Farbe des Chlorophylls gänzlich durch einen rothen Farbstoff verdeckt wird. Jeder, der einmal ein Seebad besucht hat, kennt sie, denn zu ihnen gehören jene überaus zierlichen, auf das zarteste gefiederte Formen, die der Badegast erstaunt sammelt, wenn sie der Sturm an's Land geworfen, und die den höchsten Schmuck der See-Albums und der Prachtalgenwerke der Naturforscher bilden. Wir werden eine Floridee des Mittelmeeres (Lejolisia mediterranea) auswählen, weil sie den Charakter einer einfachen Fadenalge bewahrt hat, und deshalb in dem mikroskopischen Bilde eine Uebersichtlichkeit darbietet, wie wir sie bei andern Florideen nicht finden würden.

Die Pflanze, welche wir vor uns sehen, pflanzt sich erstlich durch ungeschlechtlich entstehende Brutknospen (A Fig. 117) fort, darin, wie die meisten Pflanzen, an die ursprünglichste Fortpflanzungsweise zurückerinnernd, vornehmlich aber auf einem Wege, der frappant an die geschlechtliche Fortpflanzung der Blüthenpflanzen erinnert. Zunächst abweichend ist hierbei, daß die weiblichen Eizellen nicht wie bei den Brauntangen die Behälter (Carpogon t) verlassen, um auszuschwärmen, sondern wie die Samen-Anlagen im Fruchtknoten der höhern Pflanzen dort verbleiben. Ebensowenig lösen sich die Behälter (Antheridangien a), in denen sich die männlichen Zellen bilden, von der Pflanze ab, nur die letzteren selbst werden entleert, aber das merkwürdigste ist, daß ihnen alle Wimpern, Geißeln und sonstigen Bewegungs-Organe fehlen, so daß sie wie die Pollenkörner der Blüthenpflanzen, warten müssen, ob sie eine günstige Strömung zu der Haarzelle (Trichogyne tg) führen will, die dem Griffel der Blüthenpflanzen entspricht, und durch welche hindurch die Befruchtungsvermittlung stattfindet, indem Theile der männlichen Zelle durch diese Röhre hinab zu der weiblichen gelangen. Das Carpogon wächst alsdann unter Beiseitedrängung der Trichogyne zu einer Fruchtkapsel (Cystocarp h) aus, welche kleine, den Samen der höheren Gewächse entsprechende Keimsporen reift.

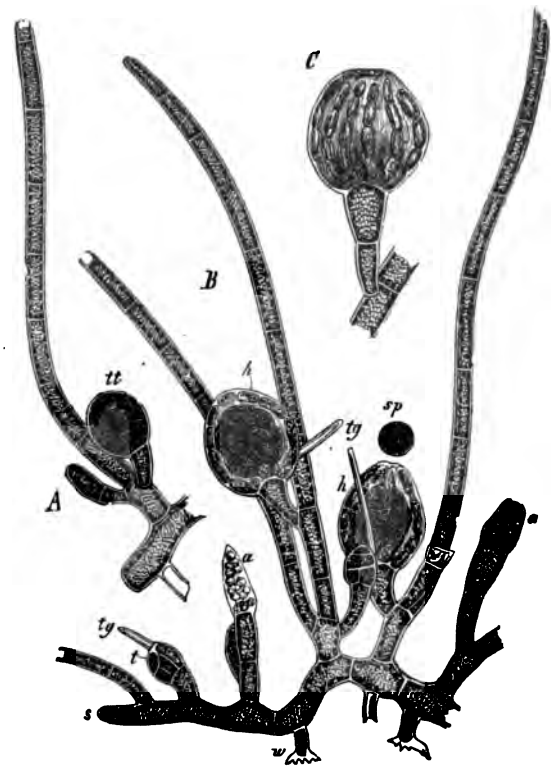


Fig. 117.
Lejolisia mediterranea, etwa 150 mal vergrößert.
A Fadenstück mit ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen (Tetrasporen). tt B Geschlechtspflanze. C Leere Fruchtkapsel. a Antheridangium. t Carpogon. tg Trichogyne. h Sporenkapsel (Cystocarp). sp Das Cystocarp verlassende Spore. w Wurzelzelle.

Wir haben hier, wie gesagt, in einfacheren Formen vollständig den Befruchtungsweg der höheren Pflanzen, so daß wir auch auf ihn kaum nöthig haben werden, ausführlicher zurückzukommen. Hieran knüpfen sich

einige Räthsel, die noch ihrer Lösung harren. Warum, so müssen wir fragen, haben die männlichen Zellen, die ihnen doch im feuchten Elemente so nützlichen Bewegungsorgane verloren, da diese erst den höhern Landpflanzen wirklich unnütz wurden und deren Fehlen sich dort sehr leicht erklärt? So nahe es liegen mag, diese höhern Pflanzen von den Florideen direkt abzuleiten, so könnte bei der Schwierigkeit, den Verlust nützlicher Organe zu erklären, nicht ohne einen Schein von Berechtigung der entgegengesetzte Gedanke auftauchen, die Florideen seien rückgebildete Luftflanzen, Abkömmlinge gewisser niederer, auf der Wasseroberfläche schwimmender Blüthenpflanzen, die sich nach einem kurzen Aufenthalte in der Luft von Neuem dem Wasserleben angepaßt hätten, wie wir ähnliche Beispiele in der That kennen lernen werden. Ein neuerer Beobachter, Dodel-Port hat sogar wahrzunehmen geglaubt, daß die Florideen ähnlich wie Blüthenpflanzen, von der Thätigkeit lebendiger Befruchtungsvermittler Nutzen zögen, und daß gewisse Infusorien bei den Florideen eine Rolle spielten, wie die Insecten bei der Befruchtung der Blumen, indem sie nämlich den weiblichen Organen die männlichen Zellen zuführten. Bei einer Floridee des Mittelmeeres (**Polysiphonia subulata**) sah er nämlich regelmäßig zahlreiche Glockenthierchen (Vorticellen) angesiedelt, die mit ihren Wimpern einen Kreisstrudel erregen, in welchem er die kugelförmigen männlichen Zellen tanzen, und so die günstigen Chancen der Befruchtung erheblich vermehrt sah (Fig. 118). Vielleicht zieht die Zellnahrung ihrerseits die Vorticellen an, wie der Blüthenhonig die Bienen.

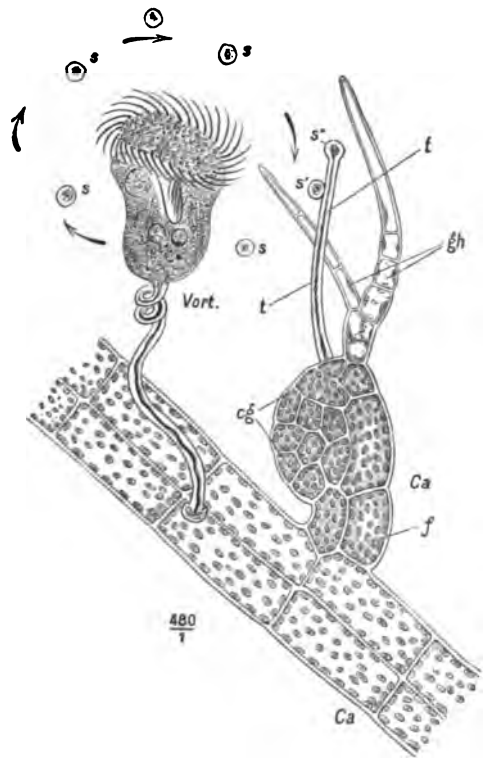


Fig. 118.
Polysiphonia subulata, mit einem die Befruchtung befördernden Glocken-Infusor (Vort.) — f, cg Fuß und fertiler Theil des Carpogons, gh Gabelhaar, t Trichogyne, s, s' s'' männliche Zellen, von denen zwei an der Trichogyne haften. Nach Dodel-Port.

Die anderweitige Arbeitstheilung und Verunähnlichung der Zellen ist bei den Algen nicht so groß, wie bei den höheren Gewächsen, und zwar

nicht sowohl ihrer niedern Stellung, als der Gleichmäßigkeit des Elementes wegen, in welchem sie leben. Auch bei den höhern Algen, welche ein vollkommnes Zellgewebe bilden, findet höchstens ein Unterschied darin statt, daß die gegen das Innere gedrängten Zellen, welche als Vorrathskammern für die von den Oberflächen-Zellen durch den Stoffwechsel bereiteten Nahrungsstoffe dienen, etwas größer auswachsen als diese. Niemals aber verschmelzen die Zellen zur Bildung von eigentlichen Gefäßsträngen, oder bilden jene Mannigfaltigkeit von mechanischen Zellen aus, wie es die der Luftpflanzen zu thun genöthigt sind, theils um eine größere Tragfähigkeit des Stammes zu erzielen, theils auch um die innern Gewebe gegen die Trockenheit der Luft und die Einflüsse des schnelleren Temperaturwechsels zu schützen.

Fig 119.
Delesseria sanguinea. Eine Floridee.

Fig. 120.
Zonaria pavonia. Eine Fucoidee.

Dessenungeachtet aber baute sich aus diesen einfachsten Lebensverhältnissen eine Formenwelt auf, wie sie bunter und schillernder in Farben, zierlicher und mannigfaltiger in Formen, erstaunlicher in ihren Größenverhältnissen kaum gedacht werden kann. Die Familie der Algen, welche als die Stammfamilie des Gewächsreiches betrachtet werden muß, schließt die kleinsten und größten Gewächse ein, welche wir kennen. Zu ihrer Gemeinschaft gehören die kleinsten einzelligen Wasserpflanzen, von denen Hunderttausende auf ein Gramm und Zweitausend auf eine Linie gehen, sowie Riesentange in der Magelhaensstraße und an der Südküste Amerikas, die eine Länge von über tausend Fuß erreichen. An die kleinsten einzelligen Algen, die in ihrer Masse das rothe Meer zuweilen blutroth und das gelbe Meer gelb färben, schließen sich die grünen Fäden und locker verfilzten Netze, die an der Oberfläche des Meeres und mehr noch im süßen Wasser leben. Nachdem aber die allseitige Vereinigung der Zellen zu einem Gewebe gelungen, giebt es des Gestalten-Reichthums keine Grenzen mehr. Im Reiche des Proteus erschöpfen sich alle Ideen. Von der blos flächenförmigen Aus-

breitung des Laubes zu wallenden Bändern und Fächern mit gekräuseltem Rande (Fig. 119 und 120) führt ein Auseinanderrücken im Wachsthum der die Gestalt bestimmenden Endzellen zu gabeläftiger und immer wiederholt gabeläftiger Verzweigung des Laubes. Indem dabei abwechselnd die eine und die andre Endzelle die Führung nimmt, wird in andern Fällen aus dem wiederholt zweitheiligen Laube ein farnblättrig gefiedertes (Fig. 121). Ueberall ist eine mathematische Regel im Aufbau zu erkennen. Oder es sprossen aus dem größeren Theil einer ungleich getheilten Zelle Quirläste hervor und es entsteht früh im Meere ein morphologischer Vorläufer unserer Schafthalme und Nadelbäume.

Fig. 121.
Laurencia pinnatifida. Eine Floridee.

Einzelne den Florideen nahe verwandte Algen bekleiden ihre zierliche moosartige Gestalt mit einem schneeweißen glänzenden Kalkpanzer, dadurch der poetischen Fiktion des Ovid, von der Versteinerung der Seepflanzen zu Korallen durch das darauf gelegte Medusenhaupt, einen naturwahreren Hintergrund bietend als die Korallen selber. Es sind die Korallen-Algen (Corallineen), zu denen auch die krustenbildenden, Felsen- und Korallenbänke überziehenden Kalk- oder Steinalgen (Lithophyllum, Lithothamnium u. A.) gehören, von denen S. 73 erwähnt wurde, daß sie sich nicht unerheblich an der Bildung der Kalksteinlager und Korallenbänke betheiligt haben. Ihre abgestorbenen Körper bilden den vorwiegenden Bestandtheil gewisser Felsen, z. B. des Leithakalks, und wurden früher vielfach als Nulliporen selbst zu den Korallen gerechnet, deren aus dem Wasser auftauchende Bauwerke sie häufig krönten. In den Brauntangen, deren Laubfärbung eine olivenbraune Mischung aus Grün und Roth ist, in welcher bald die eine, bald die andre Färbung überwiegt, wie in den Rothtangen, erhält die Thierwelt des Meeres Schatten und Schutz bietende Waldungen und Dickichte, Polster, um sich darauf zu sonnen, Wiesen, um selbst einen starken Appetit zu stillen. Neben den am häufigsten vorkommenden strauchartigen Gebilden mit fluthenden, oft zehn Fuß und darüber langen Blättern, finden sich edlere lilien- und palmenähnliche Formen; nur wenige Typen der spätern Pflanzenwelt fehlen den unterseeischen Gärten ganz, und selbst die Cactusform, die uns wie eine bizarre Laune der Oberwelt erscheint, findet dort ihre Seitenstücke. Jedoch der Schmuck farbenprächtiger Blumen fehlte diesen Auen, und die Thierwelt ließ es sich angelegen sein, diesen Mangel

mit einem Erfolge zu ersetzen, daß wir in Zweifel gerathen, welchen Gärten vom rein ästhetischen Standpunkte der Preis gebühre, den mit Seeanemonen, Haarlilien und Korallen durchblühten Parken der Amphitrite oder denen der Ceres und Flora.

Als die schöpferische Ursache der in Tausenden von Formen sich kundthuenden Verschiedenheit des architektonischen Aufbaues der Zellen, müssen wir das Bedürfniß erkennen, die Lauboberfläche so viel als möglich mit dem lufthaltigen Wasser in Berührung zu bringen. Dieser Lebensbedingung entspricht am besten die flächenförmige Ausbreitung des Blattes und dieses Thema, die Laubfrage, ist es, welche im Reiche der Algen durch alle Tonarten variirt wird. Die ganze Pflanze ist Blatt, Laub, und eine weitere Organen-Gliederung findet kaum statt. Was wir bei den Tangen der Wurzel höherer Pflanzen vergleichen (s. Fig. 121), ist nur ein Haftorgan, welches das Blatt durch Ansaugen oder Umspannen an den Steinen und Klippen des Grundes befestigt, ohne die physiologischen Arbeiten der Wurzel zu übernehmen, der Stengel ist nur ein Laubstiel.

Fig. 122.
Sargassum natans, eine Fucoide mit Schwimmblasen.

Nicht ein Schönheitsbedürfniß war es, welches das Laub der Floridеen seine reizende Auszackung und zarte Fiederung vollenden ließ, sondern vielmehr eine im Daseinskampfe nothwendige stille Erörterung der Frage, wie man mit möglichster Zellenersparniß die größtmöglichste Oberfläche herstellen kann, eine Parallele zu den Entwicklungsvorgängen im Thierreiche, wo wir die erste Sorge des Protoplasmas, wenn wir so sagen dürfen, auf die Schöpfung eines Magens gerichtet sehen werden. Das ganze Gewächs ist Laub ohne eigentliche Sonderung in Wurzel, Stamm und Blatt, welche zu vollziehen dem spätern Erdleben vorbehalten blieb; kaum, daß die Bildung besonderer Sporenkapseln in den höheren Gattungen einigen Einfluß auf die Gliederung dieses Laubes gewinnt. Nur das Bedürfniß einiger Arten, sich im tiefen

Ocean dem Lichte näher schwimmend zu erhalten, schuf durch Auseinandertreten einzelner Zellparthien noch ein besonderes Schwimmorgan, mehr oder weniger große Blasen, die oft gestielt, die Form von Früchten nachahmen, und dem Sargossotang, dessen abgerissene Aeste im weiten Meere schwimmende Wiesen von der Größe gewaltiger Reiche bilden, das Ansehen beerentragenden Lorbeers ertheilt. (Fig. 122.)

Fig. 123.
Stück einer scheinbar „einzelligen" Meeresalge (Caulerpa taxifolia) in natürlicher Größe.

Allein dasselbe Ziel wird in der Natur oft auf sehr verschiedenen Wegen erreicht, wovon wir vielleicht die merkwürdigsten Beispiele in der Algenwelt finden. Man kennt eine Gruppe sehr seltsamer, scheinbar ein-zelliger Algen, die dennoch in der Gliederung ihrer äußern Gestalt kaum hinter den höchstentwickelten Algen zurückbleiben und die dadurch entstehen, daß sich beim Weiterwachsthum keine Zellenwände ausbilden, während die Zellkerne sich vermehren. Die Oberhaut nimmt hier alle jene Formen an, die sonst durch die Aneinanderreihung von unzähligen Zellen aufgebaut werden, und die ungetheilt bleibende Höhlung wächst zu diesem Ende zur Größe mehrerer Zolle, ja in einzelnen Fällen einiger Fuße an. In den einfachsten Fällen (**Vaucheria**) läßt sie es bei der Nachbildung einer einfachen Fadenalge, wenn auch mit vielen Verzweigungen bewenden, in anderen bildet sie einen mehrere Zoll hohen Champignon (**Acetabularia** Fig. 116) nach, und in noch üppigerem Machtgefühl (**Caulerpa**) sogar einen Stamm mit fein zertheilten Wurzeln, langen, oft tiefgesägten und gekerbten Blättern (Fig. 123), ja sie geht sogar daran, durch welliges Aneinanderlegen und Faltenbildungen der Wandungen das Zellgewebe der andern Pflanzen nachzuahmen (**Acetabularia** und **Udotea**). Wir müssen diese

zellenlosen Pflanzen als einen weitausgedehnten und dennoch gescheiterten Anlauf des im einfachen Hohlraum eingeschlossenen Protoplasmas betrachten, mit dem Zellenstaat zu konkurriren. Es ist in der That diesen einfach gebaueten Pflanzen gelungen, es bis zur Ausbildung geschlechtlicher Fortpflanzung zu bringen, allein damit war auch ihr Vermögen erschöpft und obwohl sie sich bis auf den heutigen Tag erhalten haben, sind diese Vertreter eines besonderen Entwicklungsweges doch nicht über die Organisationshöhe des Algenreiches hinausgelangt. Nur das Wasser gestattete die Ausführung einer solchen Naturlaune, deren Weiterführung Festland- und Luftleben mit ihren an Wechsel reichen Einflüssen nicht zuließen. Gesteigerten Ansprüchen gegenüber konnten sie nicht mit den durch Arbeitstheilung unter ihren Zellen widerstandsfähigeren Zellenpflanzen concurriren. Wie es scheint, geben manche scheinbar ebenfalls aus einer einzigen Zelle bestehende Infusorien und andere Protisten ein Seitenstück zu diesen Pflanzen ab.

Die Algen bilden eine Welt für sich, noch heute mehr als sechstausend Formen umfassend, aber in der Vorwelt wahrscheinlich unermeßlich reicher an Gestalten. Sie gaben den Urmeeren jenen Schmuck, den ihre Nachkommen auch dem festen Lande zu Theil werden ließen, und in ihres Gleichen ist wohl der heutigen Welt der höchste Ausdruck des pflanzlichen Lebens erhalten worden, den die Primordialzeit aufweisen konnte. Zur Erhaltung in den abgelagerten Schichten waren ihre weichen, zum Theil schleimigen und der Verwesung äußerst leicht zugänglichen Körper wenig geeignet. Dieser ganze, viele Jahrtausende hindurch einzige Pflanzenschmuck der Welt ist daher trotz aller seiner Mannigfaltigkeit verschwunden und aus dem Gedächtniß der Welt getilgt, wie die Guirlanden und Kränze eines Festtages. Nur gewisse Gallertalgen des Süßwassers, die sich an der Bildung der Boghead-Kohlen (S. 169) betheiligt haben, ferner die Kieselalgen (S. 219) und Steinalgen (S. 234), endlich die Dasycladeen, Verwandte der mehrfach erwähnten **Acetabularia**, deren Reste schon im Muschelkalk vorkommen und von da ab in den meisten jüngeren Meerkalkbildungen bis zur Eocänzeit nachweisbar sind, haben häufigere Spuren ihres Dagewesenseins hinterlassen. Von den fälschlich für Algenreste gehaltenen Thierspuren war schon oben (S. 66) die Rede: die fossilen Gattungen **Bilobites**, **Chondrites**, **Dictyolithes**, **Oldhamia** und viele andere sogenannte Algen der ältesten Schichten sind später eingezogen oder mit Fragezeichen versehen worden. Im Uebrigen decken sich die Urkunden der Erde mit der Theorie, welche sich aus allgemeinen Gründen genöthigt sieht, die Algenfamilie als die Urfamilie des Pflanzenreiches anzusehen. Aber auch die ältesten Tange gehören bereits ebenso wie die ältesten sicheren Thiere, mit denen sie zugleich auftreten, einer morphologischen Entwicklungsstufe an, die uns überzeugt, daß bei ihnen, wie im Thierreiche, unendliche Geschlechter seit jener Zeit, wo das erste Leben auftrat, spurlos in die Nirvana zurückgekehrt sein müssen. In späteren silurischen und devonischen

Schichten erscheinen neben bereits hoch entwickelten Wasserthieren noch wenig andere Pflanzen als im Meere lebende Tange, diese aber mitunter in so massenhaften verkohlten Resten, daß sie förmliche Kohlenlager bilden. Wenn die Form nicht mehr zu erkennen ist, so legt wohl ein geringer Jod- und Bromgehalt dieser Reste Zeugniß von ihrem marinen Ursprung ab. Wie

Fig. 124.
A Chara fragilis, die Stengelspitze in natürlicher Größe. B Blatt mit kleinen Blättchen (β' und β'') einem Antheridangium (a) und einem Oogonium (c). C Ein Schildchen mit den Samenfadenzellen. D, E Samenfaden-Zellen und freie Samenfäden von Nitella flexilis.

noch heute diese selteneren Elementarstoffe größtentheils aus der Asche von Seetangen gewonnen werden, so schieden letztere schon damals deren Verbindungen aus den Meersalzen ab, lange bevor ein Photograph oder ein Drüsenleidender davon Gebrauch machen konnte. Natürlich lebten Algen neben den späteren Landpflanzen, die ihnen keine Konkurrenz zu machen vermochten, ungestört fort, und in jüngeren Schichten, die weniger nachträglich zerstörenden Einflüssen ausgesetzt waren, kommen sie stellenweise so massenhaft vor, daß man den Flysch, eine tertiäre Bildung, auch Fucoideen-Sandstein genannt hat.

Es stellt sich naturgemäß die Frage nach einem Zusammenhang der Algen mit den höhern Pflanzen ein, und es konnte in dieser Beziehung (S. 231) nur angeführt werden, daß bei den Rothalgen die Befruchtungsweise einige Analogien darbiete. Bei einer Gruppe von Grünalgen, den **Armleuchter-Gewächsen** (**Characeen**), die auf dem Grunde von Süß- und Brackwasser wachsen, und ihren deutschen Namen den quirlförmig um den Stamm gestellten Blättern verdanken, sind sie noch größer, so daß einige Botaniker diese Algen dicht neben die Moose stellen wollten. Sie haben mit diesen, den Farnkräutern und einigen Ursamen-Pflanzen die schraubenförmig gewundenen Samenfäden gemein und auch die Eiknospe zeigt einen fortgeschrittenen Zustand. Der oft mit Kalk berindete Stengel dieser von der Höhe weniger Zolle bis über Fußlänge empor wachsenden Wasserpflanzen (Fig. 124) besteht aus langen Zellen mit lebhafter Protoplasma-Rotation darin, die jedesmal durch eine Lage kleiner „Knotenzellen" getrennt werden, aus denen die 5—12zähligen, wie bei höhern Quirl-Pflanzen mit einander alternirenden Blattquirle entspringen. Das erstgebildete Blatt jedes Quirls pflegt einen Seitenzweig (A. n) zu stützen. Die auf den Blättern sitzenden Fortpflanzungsorgane sind nach Form und Farbe auffällig. Die Samenfäden-Kapseln oder Antheridangien (B. a) sind kuglig, mennigroth, mit 8 ineinander greifenden zackenrandigen Schildern bedeckt, die auseinander fallend auf einem Mittelstiel einen Schopf fadenalgenähnlicher Zellenreihen (C) tragen. Jede einzelne dieser Zellen (D), deren Zahl in einer Kapsel 40 000 erreichen kann, bildet in ihrem Innern einen schraubig gewundenen, mit 2 Wimpern ausgestatteten Samenfaden (E), sodaß nach dem Oeffnen Tausende ausschwärmen und Eizellen aufsuchen.

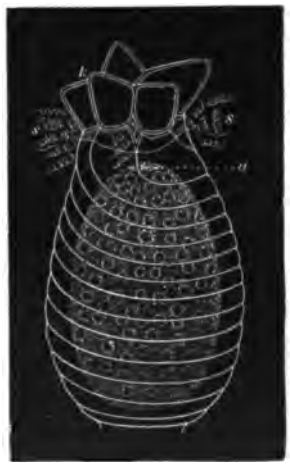


Fig. 125.
Eiknospe mit Oogonium von Chara.

Die Eizelle entsteht an der Spitze eines kleinen Sprosses, dessen Scheitelzelle sich zum Oogonium umbildet (Fig. 125), welches von 5 aus einer darunter liegenden Knotenzelle ausgehenden Quirlzellen spiralig umwunden wird. Oben tragen diese Hüllzellen ein „Krönchen" (k), das Urbild einer Blüthe aus 5 Zellen bei **Chara**- und aus 10 Zellen bei **Nitella**-Arten; die Zipfel lassen Spalten, durch welche die umschwärmenden Samenzellen (s) zur Eispitze (a) gelangen können. Aus der befruchteten Dospore geht später beim Keimen ähnlich wie bei den Moosen zuerst ein fadenförmiger Vorkeim mit begrenztem Längenwachsthum hervor, auf welchem die vollkommene Geschlechtspflanze später als Seitensproß erscheint. Bei einigen Arten sind die Geschlechter auf verschiedene Stämme vertheilt,

aber **Chara crinita**, die in Brackwasser an der Nord- und Ostsee, sowie in schwachsalzigen Seen Deutschlands und Skandinaviens nur in weiblichen Pflanzen vorkommt, reift nichtsdestoweniger ihre Dosporen, und erzeugt Nachkommen, die also einen Fall von Jungferngeburt (Parthenogenesis) vorstellen. Die dauerbaren Eisporen von Characeen finden sich schon in ältern Erdschichten, z. B. im Muschelkalk.

Man kann im Allgemeinen behaupten, daß das Meer seine gestaltende Macht, soweit sie das Pflanzenreich betrifft, in der großen Familie der Algen erschöpft habe. Denn seit jenen wohl unendlich zurückliegenden Zeiten, in denen die vollkommensten Tange vollendet waren, scheint diese Bildungskraft zu ruhen, und man kann als sicher behaupten, das Meer wäre nie im Stande gewesen, Stamm- und Blüthenpflanzen auszubilden. Während das süße Wasser selbst von den höchst entwickelten Pflanzenformen, die wir kennen, besucht wird, wagen sich höchstens in das Brackwasser der Flußmündungen und Küsten einzelne Blüthenpflanzen niederer Art. Sie kehren dann häufig im anatomischen Bau zu einer einfacheren Organisation zurück, und in einigen wenigen Fällen nimmt sogar der Blumenstaub wieder die fadenförmige Gestalt der männlichen Befruchtungszellen vieler Algen an, wie die Walthiere in so vielen Aeußerlichkeiten den in der allgemeinen Organisationshöhe tief unter ihnen stehenden Fischen ähnlich werden. Das sogenannte Meergras, welches man zum Ausstopfen und Verpacken benützt, gehört zu diesen pflanzlichen „Najaden". Die Algenfamilie giebt, wie die meisten Organismen, einen Beweis für den Erfahrungssatz, daß es im Wesentlichen die äußeren Lebensbedingungen gewesen sind, welche das im Urprotoplasma ruhende Vermögen, Gestalten aller Art fortschreitend zu bilden, entwickelt haben: nachdem das Meer alle seine Künste entfaltet, mußten die Gegensätze des Festlandes den Samen umherschwingen, um das Leben, welches das Meer nicht über eine gewisse Stufe der Vollendung bringen konnte, weiterzuführen. Es befriedigt sein Vermögen, in der Hervorbringung von Riesengestalten, die überall in der Erdgeschichte den Ausdruck eines Höhepunktes enthalten. Wir wenden uns nunmehr zu der Betrachtung der viel größeren Thier-Mannigfaltigkeit, welche im Wasser ihren Ursprung genommen.

VII.

Das Reich der Einträchtigen.

(Pflanzenthiere.)

Denn zum Wachsthum wäre die Zeit nicht nöthig den Dingen
Nach dem befruchteten Keim, wofern aus Nichts sie erwüchsen.
Plötzlich würde zum Jüngling das Kind, es schöß' aus der Erde,
Plötzlich entstanden der Baum, dergleichen doch nimmer geschiehet.

Lucrez, I, 181 ff.

Um unsere Kenntniß der ersten Schritte, welche der thierische Organismus in grauer Vorzeit gethan hat, würde es übel stehen, wenn wir sie aus den auf unsere Tage gekommenen, direkten Spuren derselben ableiten sollten. Denn die Mehrzahl der niedersten Thiere hatte, eines kräftigen äußeren oder inneren Skelettes entbehrend, auch nicht die geringste Anlage, ihre Körperform für eine spätere Forschung in den Archiven der Natur aufzubewahren. Wenn wir gleichwohl jene Vorgänge in der Morgendämmerung der Schöpfung zu schildern unternehmen, als ob wir dabei gewesen wären, so kann dies nur in allgemeinen Umrissen und auf Grund der in dem Kapitel über die Naturphilosophie näher erörterten Lehre geschehen, nach welcher sich in der individuellen Entwicklung der heutigen Lebewelt die Vorgänge der Urschöpfung in abgekürzter Form wiederholen müssen. Denn wie die Löwen sich heute aus unscheinbaren Anfängen durch viele Verwandlungen im Mutterleibe langsam bilden müssen, so können sie ursprünglich noch viel weniger, der Milton'schen Phantasie folgend, unmittelbar und ohne Vorstufe dem Wüstensande entsprungen sein. Die heutige beschleunigte Entwicklung ist als Nachbild des ehemals in unendlichen Zeiträumen vor sich gegangenen Werdeprocesses die ewig fortdauernde Bestätigung des Geschehenen.

Wie aus dem in allen seinen Theilen gleichartigen Schleimklümpchen, welches man dieser Einfachheit wegen Moner nennt, durch Abscheidung eines Kernes die nackte Zelle oder Amöbe entsteht, haben wir früher gesehen und dabei erfahren, daß alle höheren Lebewesen aus solchen Zellen zusammengesetzt sind, und zwar die Pflanzen aus mehr selbständig bleibenden, die Thiere aus stärker verschmelzenden von einander abhängigen Zellen.

Aber auch heute noch muß jede Pflanze und jedes Thier seinen Lebenslauf als einfache und ursprünglich nackte Zelle beginnen, ein erst spät verstandener Fingerzeig, daß sie ursprünglich sammt und sonders von einer solchen einfachen Zelle abstammen. Im Beginne der laurentischen Zeiten krochen oder schwammen diese Urzellen zunächst wohl alle, wie es einige noch heute thun, einsam im Urmeer umher, aber schließlich ergab sich, daß es seinen Vortheil habe, sich nach der Zelltheilung nicht von einander zu trennen, sondern mit vereinten Kräften den Kampf ums Dasein aufzunehmen. Es entstanden aus der einfachen Amöbe durch wiederholte Theilung (Furchung) 2, 4, 8, 16, 32 u. s. w. Zellen, eine Amöbengemeinde (Synamöbe), die einen zusammengesetzten kugel- oder eiförmigen Körper (Fig. 126 E) bildete.

Auch jetzt noch leben, wie wir S. 201 und 225 sahen, im Meere wie im Süßwasser solche Urwesen und Pflanzen, die nur aus einer losen Gemeinschaft, einem Cönobium unter sich mehr oder weniger gleichartiger Zellen bestehen, die noch keine eigentliche Arbeitstheilung herausgebildet haben, und auch in der Entwicklung der meisten niedern und höheren Thiere folgt eine solche, wegen ihrer Aehnlichkeit mit einer winzigen Maulbeere Morula (Maulbeerkeim) getaufte Entwicklungsstufe, nachdem sich die ursprünglich einfache Eizelle durch wiederholte Zweitheilung zu einem Häufchen gleichförmiger Zellen vermehrt hat. Die Allverbreitung des Auftretens dieser und der weiter zu erwähnenden Gestalten in der Entwicklungsgeschichte der verschiedensten Thiere giebt uns einen starken Grund für die Annahme einer gemeinsamen Abstammung der gesammten Thierwelt aus gleichen oder ähnlichen Anfängen, die man als Moraea-Stufe bezeichnen kann.

Dadurch daß sich inmitten dieser Zellengemeinschaft Flüssigkeit sammelte, und die ursprünglich einen dichten Haufen bildenden Zellen zu einer von einer einfachen Zellenlage gebildeten Blase auseinandertrieb, entstand das Urbild der zuerst von dem Vater der Entwicklungsgeschichte Ernst von Baer gewürdigten Keimblase (Fig. 126 G), die in den frühesten Jugendzuständen von Pflanzenthieren, Würmern, Muscheln und Wirbelthieren gleichmäßig wiederkehrt. Sie ward Blasenkeim (Blastula), Planula oder auch Flimmerlarve genannt, weil die Zellenblase nach außen Wimpern oder Flimmerhaare hervortreibt, um sich mit Hilfe dieser Ruder, wie eine Galeere, schnell vorwärts zu bewegen. Auch diesem Nachbilde einer muthmaßlichen älteren Stammform (Blastäa) ähnliche „Kugelthierchen" findet man vielfach im salzigen und süßen Wasser. Aber während diese unvollkommenen Wesen sich in ihren späten Verwandten noch mit einem einfachen Kreislauf begnügen, schritt der uranfängliche Entwicklungsproceß unaufhaltsam weiter. Noch war von einer wirklichen Arbeitstheilung unter den einzelnen gleichwerthigen Gliedern des Zellstaates nichts merkbar; diesen wichtigen Fortschritt bethätigte erst das nächsthöhere Urthier, das in einer späten

Vererbungsform erkannte und von Häckel in seiner philosophischen Bedeutung zuerst gewürdigte Magen- oder Darmthier, die Gasträa.

In dem Entwicklungsgange vieler niedern Thiere beobachtet man, wie die eben erwähnte Keimblase an einer Stelle eine gruben-artige Einsenkung erhält, die immer tiefer wird, etwa als wenn mit dem Finger gegen einen undichten, luftgefüllten Gummiball gedrückt wird. (Fig. 126 F H) Schließlich wird die Einstülpung so tief, daß die Ränder zu einer engen Oeffnung zusammenschließen, wodurch ein Hohlkörper mit einer doppelten Zellwandung an Stelle der früheren einfachen Zellschicht entstanden ist. Nunmehr kann sich die Thätigkeit der Zellen in ein äußeres und ein inneres Ressort theilen; die äußeren, das sogenannte Hautblatt zusammensetzenden, vermitteln nach wie vor die Bewegung und Orientirung, während ihnen der größte Theil des Ernährungsgeschäftes von den die Innenwand, das Magenblatt, bildenden Zellen abgenommen wird. (Fig. 126 K I) Das ganze Thier ist ein schwimmender Magen von eiförmiger oder kugelförmiger Gestalt geworden, der durch eine einzige Oeffnung, den Urmund (Prostoma oder Blastoporus), die zugleich Mund und Auswurfsöffnung

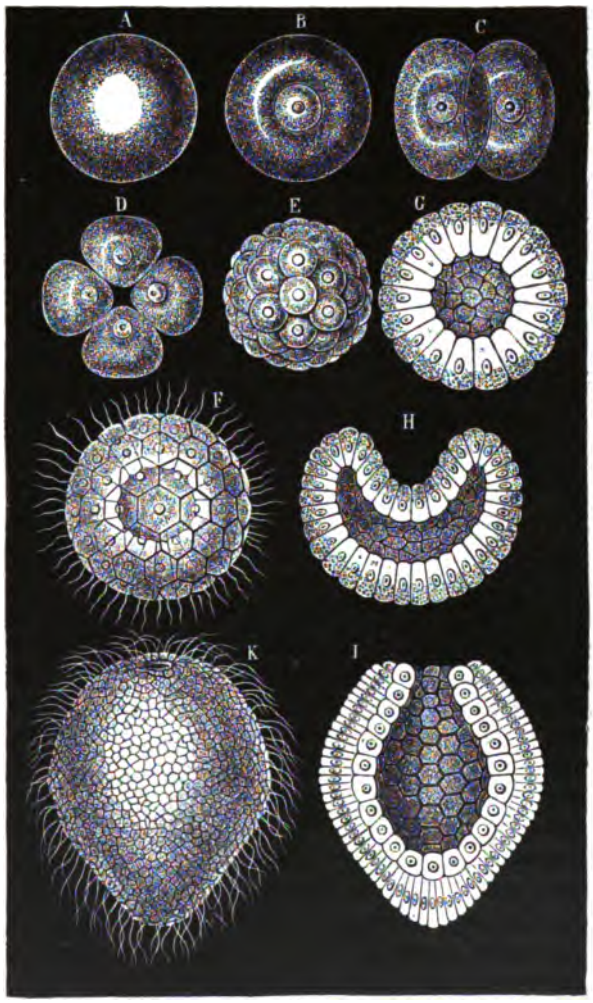


Fig. 126.
Entwicklungsstufen von Monoxenia Darwinii, einer Koralle des rothen Meeres (als Vertreter der Pflanzenthiere), nach Häckel.

vorstellt, mit der Außenwelt in Verbindung steht. Häckel denkt sich den Vorgang so, daß die einschichtige Zellengesellschaft einer Blastäade angefangen haben mag, eine bestimmte Stelle der Oberfläche vorzugsweise der Nahrungsaufnahme zu widmen. Da es für diesen Zweck günstiger sein mußte, wenn diese Stelle etwas geschützt lag, so bildete sich allmälig durch natürliche Züchtung ein Grübchen, welches im Verfolg dieses Vorganges immer mehr sich vertiefte und, indem sich die Ernährungsfunctionen ganz hierher zurückzogen, zu einem vollkommenen Magen wurde.

Es ist vielleicht keine hochpoetische Wahrheit, welche das Studium der Entwicklungsgeschichte hiermit an den Tag gebracht hat, dieses Forschungsergebniß, daß das erste Organ, welches sich in der thierischen Natur ausbildete, eine Art Magen oder Darmröhre, der Urmagen (Progaster oder Archenteron) gewesen ist. Diejenigen aber, welche bedenken, daß der Hunger heute noch das vornehmste und am gebieterischsten seine Befriedigung fordernde Bedürfniß des thierischen Daseins und die Nahrungsaufnahme die Vorbedingung alles Wachsens und Gedeihens ist, werden die Sache begreiflich finden. Sie werden sich mit diesem prosaischen Anfang um so eher versöhnen, wenn sie die berühmte Fabel des Agrippa von dem Streite zwischen Magen und Gliedern beherzigen und sich erinnern, daß oft die besten Handlungen mit dem befriedigten Magen zusammenhängen, und daß ein hungriger Mensch ein mürrischer, unter Umständen schlechter Mensch ist. Es sei fern von uns, gleich jenem Cyclopen des Euripides, den Magen zu vergöttern und ihn als den edelsten Theil hinzustellen, jedenfalls war er das nothwendigste Organ des thierischen Körpers, die Vorbedingung weiterer Entwicklung; daher betrachtet Häckel auch nur diejenigen Lebewesen, welche in ihrer Entwicklung bereits über den Zustand des doppelten Keimblattes (Gasträa-Stadium) hinausgelangt sind, als echte Thiere (Metazoen); alle übrigen werden von ihm zu den Urwesen (Protozoen) gerechnet. Wir sehen hier eine vollkommene Parallele mit der Entwicklung im Pflanzenreiche, wo jener ganze unermeßliche Zeitraum, in welchem das Meer die Algenfamilien hervorbrachte, mit der Ausbildung des pflanzlichen Magens, des Laubes, vorzugsweise beschäftigt war. Damals war die Pflanze ganz Magen, und ebenso war es auch jenes Wesen, welches wir als das erste wirkliche Thier betrachten können, die Gasträa. Und gleich hier macht sich jener wichtigste Unterschied der Thiere in der Centralisirung der Thätigkeit bemerkbar; die Pflanze schafft sich unzählige Verdauungshöhlungen, das Thier eine einzige, aber ihr werden alle Glieder unterthänig und aus ihren Bedürfnissen werden wir das edelste hervorgehen sehen, was die Natur geschaffen, das Denkvermögen.

Ein freibewegliches Wasserthier, welches die Gestalt jener Gastrula als sein höchstes Entwicklungsziel auf die Nachwelt gebracht hätte, ist bis jetzt der Naturforschung nicht bekannt geworden, dagegen folgt die Gestalt der Darmlarve in der individuellen Entwickelung der verschiedenartigsten niederen

Thierarten bis zu derjenigen der Wirbelthiere hinauf, mit einer solchen Regelmäßigkeit auf diejenige der Flimmerlarve (Blastula), welche noch heute ihre Vertreter in der Lebewelt hat, daß man auf ihre Stammmutterwürde mit großer Wahrscheinlichkeit zurückschließen kann. (Fig. 127) In der Entwicklungsgeschichte der höheren Thiere fehlt diese Form in ihrer charakteristischen Ausprägung, nach dem später zu erläuternden Gesetze der

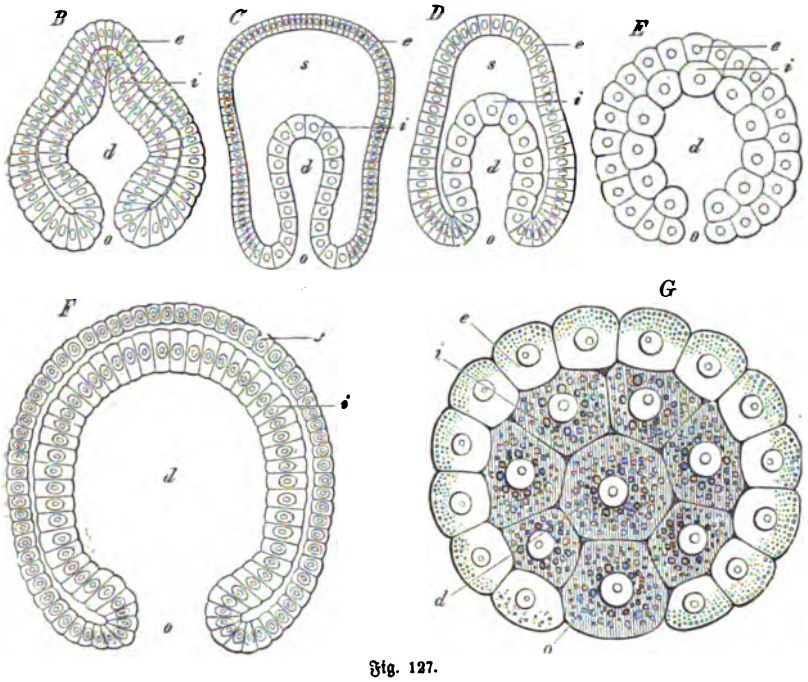


Fig. 127.
Gastrula bei Thieren aus den fünf übrigen Haupt-Abtheilungen des Thierreiches.
B Pfeilwurm. C Seestern. D Krebs. E Schnecke. F Lanzetthiere. G Kaninchen. In allen Figuren bedeutet: e Hautblatt (Exoderm), i Darmblatt (Entoderm), d Urdarm, o Urmund, s Furchungshöhle.

abgekürzten Vererbung, mitunter der besonderen Form, niemals aber dem Werthe nach, denn stets gehen aus der Keimblase zunächst zwei Zellenschichten hervor, das innere vegetative Keimblatt (Entoderm), welches, wie das Innere der Gastrula, die ernährenden Gewebe und Organe aus sich heraus bildet, und das äußere oder animale (Exo- oder Ectoderm), aus dem die Bewegungs- und Sinnesorgane entstehen. Wie bei der individuellen Entwicklung eines jeden Thieres, so sind auch in der Stammesgeschichte des Thierreiches Haut und Magen die beiden ältesten Organe. Eine abgeleitete Gastrulaform sehen wir in Fig. 127 G, wobei Urdarm und Urmund durch je eine Entodermzelle ausgefüllt werden.

Da die Gastrula somit in der Entwicklungsgeschichte aller Thierkreise

vorkommt, so haben wir guten Grund, in ihr das Nachbild einer gemeinsamen Mutterform derselben zu erkennen, obwohl einzelne Zoologen von dieser sogenannten Gasträa-Theorie Häckels nichts wissen wollen und sich unter Verzicht auf ursächliche Erklärung bei der Vorstellung beruhigen, daß sich die Zellen-Schichten eben verdoppeln mußten, wenn aus einschichtigen mehrschichtige Zellkörper entstehen sollten. Am lehrreichsten für den heutigen Forscher ist es, das Auftreten dieser mit ihren langen Flimmerhaaren lebhaft · im Wasser umhertreibenden Larve in der Entwicklungsgeschichte zweier, sie nur ein Weniges in ihrer Organisation überragenden Thierklassen der heutigen Lebewelt, nämlich bei den sogenannten Gasträaden und den niedern Würmern, zu beobachten. Es sind die Grundformen der beiden Hauptgruppen des Thierreiches, die Ahnen der sogenannten Pflanzenthiere einerseits und der übrigen Thiere andrerseits, die wir als nächste Abkömmlinge des Urdarmthiers zu betrachten haben. Bei den Pflanzenthieren, zu denen die Schlauchthiere, Schwämme, Polypen, Korallen und Medusen oder Quallen gerechnet werden, setzt sich die Darmlarve, nachdem sie eine Zeit lang im Meere umhergeschwommen ist, mit ihrem dem Munde entgegengesetzten Ende des eiförmigen Körpers, welches im Schwimmen immer voran ging, auf dem Boden des Wassers fest, zieht die äußeren Flimmerhaare ein und entwickelt dafür solche in der Magenhöhlung. Häckel hat mehrere solcher festgewachsenen „Gasträaden der Gegenwart" beschrieben, kleine, 1—3 Millimeter lange Schläuche, die den Bau der Gasträa zeigen, wobei indessen eine Verschmelzung der äußeren Zellen und Bedeckung derselben mit allerlei harten Stoffen und Schutzmitteln stattfindet. Bei Haliphysema primordiale (Fig. 128) ist das Hautblatt am Fuße mit

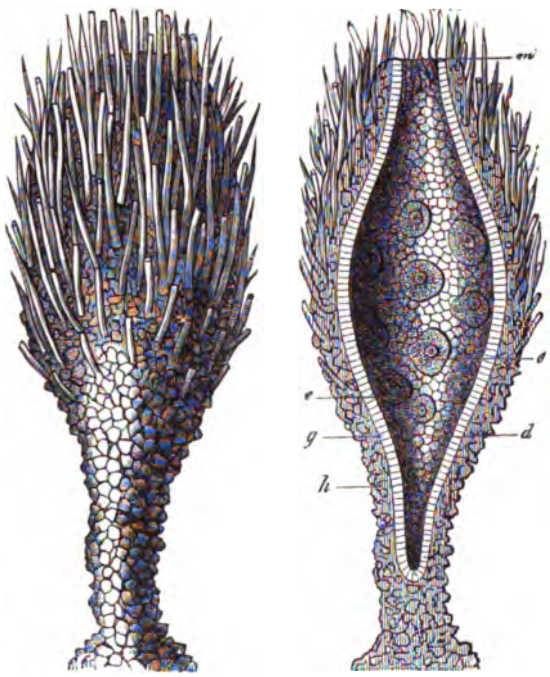


Fig. 128.
Haliphysema primordiale nach Häckel, von außen und im Längsschnitt. d Urdarm, m Urmund, h Hautblatt, g Wimperzellen des Magenblattes, e amöboide Eichen.

Sandkörnchen, der obere Theil mit langen Schwammnadeln gepanzert, die wie Abwehrwaffen mundwärts stehen, bei H. echinoides (Fig. 129) ist der ganze Körper mit anker- und morgensternförmigen Schwammnadeln gerüstet, während sich H. globigerina (Fig. 130) begnügt, ihren Schlauch

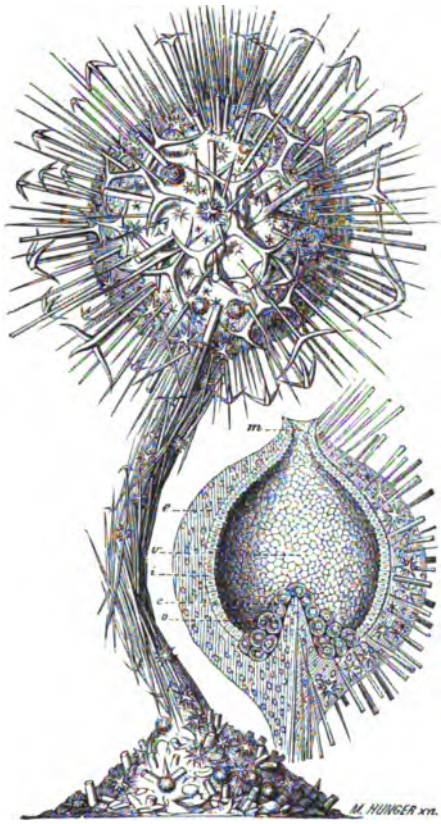


Fig. 129.
Haliphysema echinoides. $^{40}/_{1}$. Nach Häckel. Bedeutung der Buchstaben wie in voriger Figur.

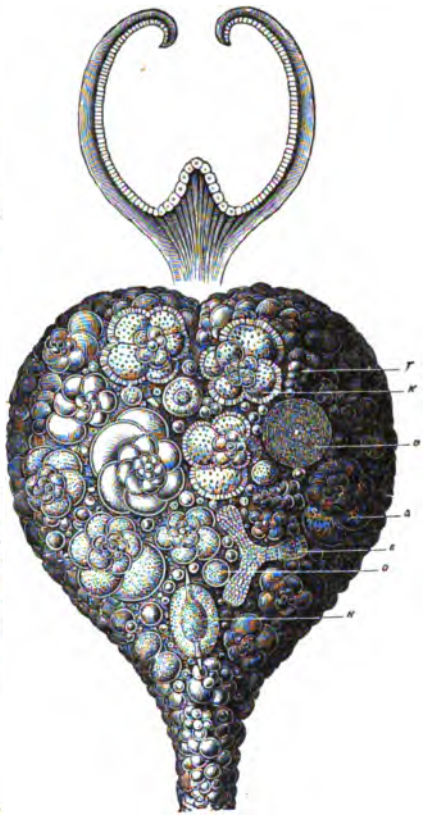


Fig. 130.
Haliphysema globigerina nach Häckel. $^{40}/_{1}$. G K Globigerina. O Orbulina. T Textilaria. E H und D Radiolarien.

mit den unter dem Mikroskope sehr zierliche Formen zeigenden Globigerinen des Tiefseeschlammes einzupanzern und auszuschmücken. Da diese Gasträaden nur im Stande sind, geringe Bewegungen auszuführen, so ist es bei der offenbaren Auswahl, die sie bei diesen „Anfängen der Kunst, sich mit fremden Federn zu schmücken", üben, um so schwerer begreiflich, daß sie dies ohne Hände und Greiforgane vermögen. Die Flimmerzellen ihres Innern erregen im Uebrigen einen beständigen Wasserstrom, der ihnen Sauerstoff und Nahrung zuführt. Bei ihnen findet eine fernere Arbeits-

theilung statt, die Bildung männlicher und weiblicher Zellen in der inneren Zellenschicht, die, ihren Inhalt vereinigend, zuerst auf geschlechtlichem Wege im Thierreiche befruchtete Keimzellen erzeugen, die in der Magenhöhle geboren, vom Munde ausgeworfen, die Entwicklung von Neuem beginnen. Während die echten Protisten und Vorfahren der Gasträa sich durchweg auf ungeschlechtlichem Wege durch Zellentheilung, Knospung oder Kopulation fortpflanzten, begann bei den Ahnen der Pflanzenthiere zuerst die Liebe ihre Rechte geltend zu machen, ohne freilich diese niedern Wesen so zu tyrannisiren, wie sie es später (und in der Menschenwelt nicht im geringeren Maße) that. Jene unvollkommenen Thiere waren, wie wir sehen, Hermaphroditen, d. h. sie vereinigten beide Geschlechter in demselben Individuum, ein Verhältniß, welches meistens im Thierreiche einem niedrigeren Entwicklungsgrade, oder bei festwachsenden Thieren, die sich nicht zu einander bewegen können, einem Nothstande entspricht, wie es ja auch klar ist, daß die Vertheilung des Fortpflanzungsgeschäftes auf zwei Personen eine vollkommenere Erfüllung der erforderlichen Leistungen ermöglichen muß. Die Festsetzung einzelner Gasträaden auf dem Meeresboden war ferner ein Akt von bedeutsamen morphologischen Folgen. Alle niedriger stehenden Thiere, die diesem vor Entwicklung weiterer Organe vor Anker gegangenen Lebewesen ihren Ursprung verdankten, erwarben dadurch für ihre später ausgebildeten Gliedmaßen eine regelmäßig strahlenförmige (actinote) Anordnung um die Mundöffnung, die dabei als Mittelpunkt gedacht werden muß, wie wir bald weiter sehen werden.

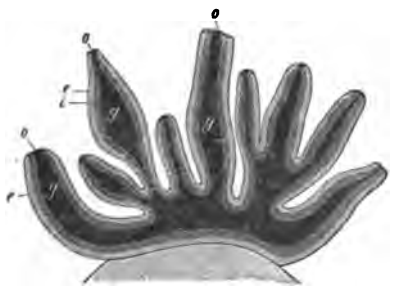


Fig. 131.
Kolonie eines niedern Kalkschwammes (Olynthus) in schematischem Durchschnitt. e Hautblatt, i Magenblatt, g Darmhöhle, o Mund. Nach Häckel.

Diesen Gasträaden außerordentlich nahe scheinen die Schwämme zu stehen, deren Jugendzustände ihnen der Form nach beinahe gleich sind. Aehnlich den buntgefärbten Pilzen im Waldesdunkel gewahren wir in der dämmernden Tiefe des Meeres eine vielgestaltige Schaar von Knollen, blattartigen Lappen, Schalen, Pokalen, Schirmen u. s. w., fast durchweg mit lebhaften Farben geschmückt. Wir könnten zweifelhaft sein, ob wir in ihnen wirkliche Mitglieder des Thierreiches vor uns haben, oder ob sie in jenes unbestimmte Protisten-Reich zu verweisen wären, in welchem der Unterschied zwischen Thier und Pflanze noch nicht hervorgetreten ist und thatsächlich haben einige neuere Schwammforscher, wie Yves Delage (1898) die Trennung der Schwämme von den Pflanzenthieren gefordert, weil sie sich durch den Besitz sogenannter Hals- oder Geißelzellen näher gewissen Protisten (Choanoflagellaten) anschlössen, auch durch den Mangel von Nessel-

zellen von den übrigen Pflanzenthieren verschieden seien. Allein wir wissen, daß sie, gerade so wie die andern Pflanzenthiere und alle höheren Thiere, aus einer Gastrulalarve hervorgehen, und also nicht von ihnen zu trennen sein dürften. Allerdings ist ihre fernere Entwicklung eine andere, wie bei den übrigen Pflanzenthieren, und es scheint sogar, als ob diejenigen Zellen, die sonst das Hautblatt bilden, hier nach innen gedrängt würden, während die verdauenden Zellen (Magenblatt) die äußere Oberfläche bekleideten, so daß die Schwämme im gewissen Sinne als umgestülpte Pflanzenthiere zu betrachten wären, und die entsprechenden Bezeichnungen von Fig. 131 umgekehrt angewendet werden müßten. Lassen wir dieses noch nicht völlig aufgeklärte Verhältniß vorläufig auf sich beruhen, so müssen wir doch gestehen, daß auch in der ferneren Entwicklung der Schwammlarve eher Rückschritte als Fortschritte zu bemerken sind, wenn man nämlich den Bau der übrigen Thiere als Maßstab nimmt. Denn die vorher munter bewegliche Larve setzt sich nicht nur auf einer Klippe fest und verliert ihre Bewegungsorgane, sondern giebt sogar den Vortheil des geschlossenen Magens wieder auf, indem sich in der doppelten Zellenwandung desselben zahlreiche Poren bilden, die einen unmittelbaren Austausch des Inhalts mit der Außenwelt ermöglichen. Durch Sprossung vermehrt sich die Personenzahl schnell und ganze Strecken des Bodens sind bald darauf von ihnen in Besitz genommen (Fig. 131). Die Bildung der Poren, durch welche das Wasser mit den Nahrungstheilen eingeschlürft wird, um aus der Hauptöffnung wieder ausgestoßen zu werden, geht übrigens in der mannigfachsten Weise vor sich und die nebenstehende schematische Fig. 132 darf nur als ein Einzelnbeispiel betrachtet werden. Wie die der vorigen Figur analoge Schraffirung andeuten soll, überkleiden die Flimmerzellen des innern Hautblattes alsdann nur noch die weiteren Räume der Kanäle, die sich dann

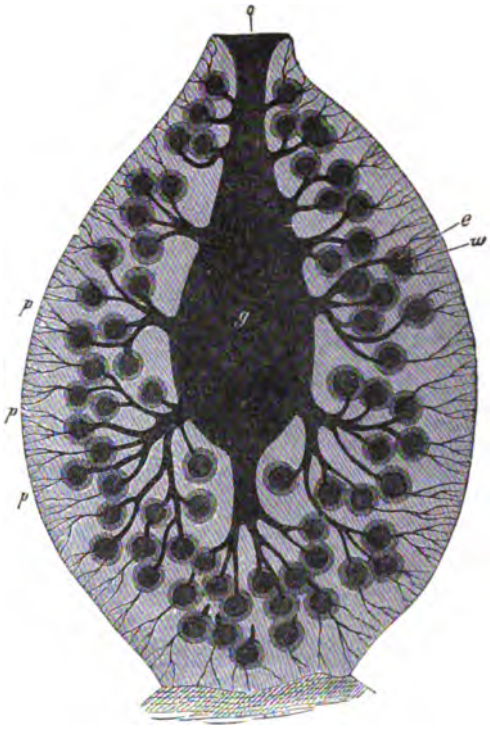


Fig. 132.
Röhrensystem eines Kalkschwamms (Leucon). p Hautkanäle, w Wimperkammern, g Darmhöhle, o Mund.

feiner veräſteln, um ein oft ſehr zuſammengeſetztes Kanalſyſtem zu bilden. Man wird an die Spaltöffnungen der Pflanzen erinnert und wirklich hat dieſe Ernährungsweiſe durch beinahe paſſive Aufnahme der ernährenden Stoffe aus dem umſtrömenden Waſſer, ſowie das Fehlen eigentlicher Sinnesorgane viel Pflanzenartiges.

Die älteſten Schwämme mögen weiche gallertartige Schläuche geweſen ſein, von der Form des in Fig. 131 abgebildeten Olynthus, wie wir ihnen noch heute in den ſkelettloſen Schleim- und Fleiſchſchwämmen unſerer Meere begegnen. Wir können dafür keine Zeugen anführen, da ſich von den Angehörigen der Gallertſchwämme (Myxoſpongien) und Hornſchwämme (Ceratoſpongien) der ältern Zeiten höchſtens rundliche Knollen erhalten haben, die keine näheren Beſtimmungen erlauben. Die letzteren haben durch Bildung eines feſten Skelettes aus Hornfaſergeflecht ihr Kanalſyſtem widerſtandsfähiger gemacht, wie z. B. der bekannte Badeſchwamm, deſſen Gerüſt wir zum Waſchen gebrauchen und den die Abbildung (Fig. 133) in voller Lebensthätigkeit zeigt. Es iſt dies die gewöhnliche Entwicklungsfolge, der man in allen Verzweigungen der Lebewelt begegnet, daß ſich nämlich urſprünglich ſkelettloſe Weſen allmählich durch Ausſcheidung härterer organiſcher oder mineraliſcher Beſtandtheile gegen äußere Angriffe und Unbilden ſchützen. In der anſcheinend etwas jüngeren, aber doch bis zur Primärzeit (ins Devon) verfolgbaren Familie der Kalkſchwämme (Calciſpongien) lagern ſich in der äußern Schicht ſehr zierliche, gewöhnlich ſternförmig gruppirte Kalknadeln ab, die ſich zuletzt zu einem dichteren Netzwerk vereinen (Fig. 134). Die ältere Familie der Kalkſchwämme, Köcherſchwämme (Pharetronen), die ſich durch alle Schichten bis zur Kreidezeit verfolgen laſſen, erloſchen damals und machten den jüngeren Kalkſchwämmen (Leukonen, Sykonen und Askonen) Platz, von denen die erſteren ſich den älteren Formen anſchloſſen. Bei den Kieſelſchwämmen ſind es Kieſelnadeln, wie wir deren in Fig. 128—129 geſehen haben, und dieſelben bilden in einzelnen Fällen glasartig klare Netzgeflechte von überraſchender Schönheit. Mitunter wachſen dieſe Kieſelnadeln zu einem mehrere Zoll langen Borſtenbündel aus, wie bei dem ſchon oben (S. 129) erwähnten japaniſchen Glasſchwamm (Hyalonema Sieboldtii), welchen die Tiefſeeforſchungen der Neuzeit als einen weit verbreiteten Bewohner der von keinen Stürmen getrübten Tiefen der

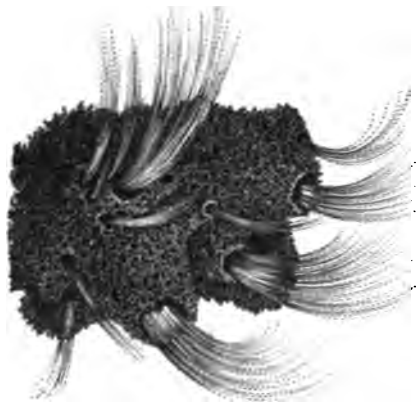


Fig 133.
Ein Stück Badeſchwamm vergrößert.

Weltmeere nachgewiesen haben. Man kann sich leicht vorstellen, daß die mit den spitzigen Nadeln erfüllten Schwämme sowohl ein weniger gesuchtes Nahrungsmittel für andere Thiere abgaben, als sonstigen Angriffen besser widerstanden, und so erklärt sich ihre Häufigkeit genügend. Die Kieselschwämme, welche schon immer Tiefseeformen waren und daher als Fossile sprunghaft vorkommen, haben schon in der Primärzeit durch lose Nadeln, die den Ein- und Vierstrahlern (Monaktinelliden und Tetraktinelliden) angehören, ihre Spur verrathen, woraus die Steinschwämme (Lithisten)

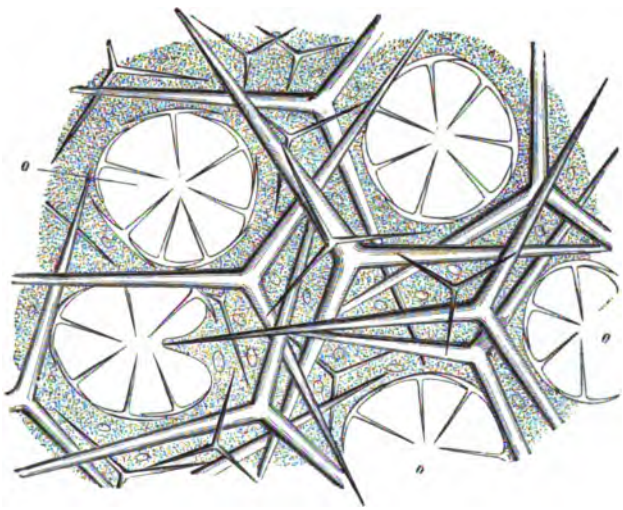


Fig 184.
Stück der Körperoberfläche eines Kalkschwamms (Sycaltis perforata) vergrößert. Nach Häckel.
o mit einem Nadelkranze umgebene Hautporen.

und Sechsstrahler (Hexatinelliden) in der Kreidezeit ihren Höhepunkt erreichten und als Spongitenkalk zu ganzen Bergen aufgehäuft gefunden werden.

In den äußeren Formen ist bei diesen ein rein vegetatives Leben führenden Thieren ein besonderer Fortschritt nicht wahrzunehmen, und wenn man von den Veränderungen ihrer Skelettkörper absieht, darf man in ihren Reihen kaum nach einem Aufsteigen zu höher gegliederten Formen forschen. Immer wieder treten neben den unbestimmt knolligen und pilzförmigen Massen die becher-, pokal- und schalenförmigen Gestalten auf, die wir dem Leser in drei Vertretern aus der Kreidezeit (Fig. 135, 136, 137) vorführen und denen man auch in der Jetztwelt vielfach begegnet. Wendet man sich indessen von den, verschiedenen Hauptzweigen des Grundstammes entsprechenden Familien zu den Arten, so begegnet man einer solchen Wandlungsfähigkeit, daß die genauesten Kenner derselben erklären, von so-

genannten guten Arten, d. h. fest abgrenzbaren Formen, wie man sie bei anderen Lebewesen antrifft, könne bei ihnen gar keine Rede sein. Oskar Schmidt, einer ihrer gewiegtesten Kenner, bezeichnete ihre Untersuchung deshalb für eines der besten Mittel, um mißtrauische und altgläubige Naturforscher zur Umwandlungslehre zu bekehren und Häckel sah aus dem Stocke eines und desselben Kalkschwamm-Individuums so verschieden geartete Sprößlinge hervorgehen, daß sie kein gewissenhafter Systematiker mit demselben Namen zu benennen gewagt hätte. „Die ganze Naturgeschichte

Fig. 135.
Coscinospora cupuliformis.

Fig. 136
Siphonia ficus.

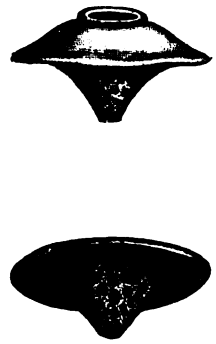


Fig. 137.
Camerospongia fungiformis.

der Schwämme", sagt dieser letztere Naturforscher, „ist eine zusammenhängende und schlagende Beweisführung für Darwin".

Von diesen pflanzenartig dahinlebenden Gestalten der Tiefe richten wir unsere Blicke auf eine Art Riff, welches nicht allzutief unter der Oberfläche des Meeres einen prächtigen Anblick darbietet. Ein leuchtend grüner, kleinblättriger Rasen scheint eine Wiese zu bilden, auf welcher zarte, weiße, fleischrothe, gelbe, oder bläulich angehauchte Blumen von einer märchenhaften Färbung und Durchsichtigkeit der Kelche blühen. Ein unvorsichtiger Ruderschlag und alle diese Blätter und Blumen sind im Nu verschwunden, und wir sehen nichts mehr als die zahlreichen Zweige einer Korallenbank, aus welcher nach und nach, wenn wir uns ruhig verhalten, die grünen Blätter und farbigen Blumen wieder hervorblühen. Wir möchten aus dieser schleunigen Flucht zu schließen geneigt sein, daß wir es mit sehr scharfsinnigen Thieren zu thun haben, allein wenn wir uns einige derselben

näher ansehen, so finden wir bald, daß wir auch hier noch nicht viel mehr, als einen etwas zierlicher und vollkommener ausgebildeten Magen vor uns haben, dessen mit einem Fühler- oder Tentakelkranz umhegter Magenmund allerdings sehr feinfühlig ist. Das wegen seiner Mundarme gleich den höheren Weichthieren Polyp genannte Thier der Korallenzweige (Fig. 138) geht ebenso unmittelbar aus der irgendwo im Meere angesiedelten Gastrula hervor, wie das Schwamm-Individuum, und ist möglicherweise trotz der soviel schmuckeren Tracht ein nur etwas höher gediehener Bruder desselben. Oder mit anderen Worten, die Stammmutter des Polypen-Geschlechtes war derjenigen der Schwammthiere vielleicht auf's Nächste verschwistert. Ein trennender Unterschied aber, der sich schon früh geltend gemacht haben muß, liegt in der Ausbildung kleiner, mit ätzender Flüssigkeit angefüllter Bläschen, der Nesselkapseln, die an Fäden hervorgeschnellt werden, und sich zur Lähmung von Beutethieren, die dem Magenmunde zu nahe kommen, ausgezeichnet wirksam erweisen, aber den Schwämmen durchweg fehlen. Da diese Nesselkapseln sämmtlichen übrigen Gruppen der Pflanzenthiere zukommen, so deuten sie vielleicht darauf hin, daß die auch sonst abweichend genug gebauten Schwämme, denen sie fehlen, als Angehörige eines vollständig gesonderten Zweiges der niedersten Thiere zu betrachten sind.

Fig. 138.
Kleiner am Felsen hängender Stock der rothen Edelkoralle (Eucorallium rubrum) mit den sternförmigen weißen aus den rothen Zweigen hervortretenden Polypen in natürlicher Größe. Darunter ein Zweigstück mit einem Einzel-Polypen schwach vergrößert.

Die zweifellosen Angehörigen der Pflanzenthier-Familie, die Polypen, Seerosen (Aktinien), Korallen und Quallen lassen sich dann ziemlich ungezwungen von dem Typus eines polypenartigen Thieres ableiten, welches jene Nesselzellen besaß, und von dem sie die Angehörigen der andern Gruppen sämmtlich ererbt haben. Dieser Urpolyp (Archihydra) der ältesten Meere war vermuthlich unserem durch Trembley's Versuche über sein Reproductionsvermögen so berühmt gewordenen Süßwasser-Polypen (S. 155) ziemlich ähnlich, obwohl er statt der sechs Arme nur deren vier gehabt haben mag. Dieses Geschlecht übte also anscheinend seit den ältesten Zeiten

jenes heimtückische Handwerk, welches Millionen Jahre später die Nesseln, Skorpionen und Schlangen auf dem Festlande neu aufnahmen. Wenigstens haben es alle seine Nachkommen, so verschieden sie sonst geartet sein mögen, die unschuldigst aussehenden See-Anemonen und Blumen der Tiefe, die schimmernden Polypen der Korallenzweige und Seefedern, Schwimmpolypen und Quallen als Familienerbe gleichmäßig von ihm überkommen. Man nennt sie mit einem zusammenfassenden Ausdruck nach ihrem Aeußern auch **Blumenthiere** (Anthozoen) oder **Nesselthiere** (Akalephen).

Fig. 139.
Durchschnitt einer Gerardie, um die 4 mal sechs Magenfächer zu zeigen, von denen nur die Hälfte sichtbar ist. Die kurzen Tentakel sind eingezogen.

Als **Hydroidpolypen** bezeichnete man sonst eine Reihe von Meeres-Polypen, bei denen diese blumenartigen Thiere in besondern, von ihnen abgesonderten festen Röhren wohnen, die entweder einfach bleiben, oder sich strauch- und fiederartig verästeln, so daß zierliche Bildungen entstehen, die eine große Aehnlichkeit mit einem zarten, an den Astspitzen Blumen tragenden Gewächse darbieten. In neuerer Zeit hat man diese Gruppe meist ganz aufgelöst und mit den Medusen vereinigt, weil sich die Polypen vieler Arten im Reifezustande ablösen und frei als Medusen weiterleben, so daß man bei ihnen ein **polypoides** und ein **medusoides** Stadium unterscheiden muß. Indessen giebt es auch einzelne Arten, wie z. B. die Sertularien, die niemals Medusen erzeugen, und die Vorfahren der Medusen liefernden Arten dürften solchen Formen geglichen haben.

Von dem innern Bau der höherstehenden Arten werden wir am leichtesten ein Bild gewinnen, wenn wir einen Blick auf Fig. 139 werfen, welche den Längsdurchschnitt einer Gerardie darstellt. Durch zahlreiche, gegen die Achse der Leibeshöhle vorgeschobene Einfaltungen der Magenwand werden ebensoviele Magenfächer abgegrenzt, wie Mundarme vorhanden sind, und zwar scheint der Stammvater des Geschlechtes, dessen Gestalt deutlich erkennbar in der Entwicklungsgeschichte vieler höheren Pflanzenthiere wiederkehrt (vergl. Fig. 149, Nr. 4) vier solcher Fangarme besessen zu haben. Als sich diese Armzahl in der Folge vermehrte, was bei den ältesten Korallenpolypen meist zu einem Multiplum der Vierzahl geführt hat, so daß man ihre Sippschaft als vierzählige Korallen bezeichnet, vervielfachte sich in demselben Maße die Zahl der zwischen ihnen gegen die Mittelachse vorgeschobenen Magenscheidewände. Wir können das noch jetzt erkennen, da sich zwischen je zwei Scheidewänden, dem daselbst stehenden Mundarm entsprechend, eine Kalkleiste absonderte, die einen um so getreueren Abdruck der allgemeinen Grundform dieser Thiere überlieferte, als den ältesten und größten Tentakeln stärkere Sternleisten, den später zwischen denselben eingeschobenen jüngeren Armen, schwächere entsprachen. (Vergl. Fig. 140 u. 141). Die Verkalkung des Stammes und der Leisten erfolgt dabei ähnlich wie bei den Kalkschwämmen, durch Ausscheidung anfangs getrennter Kalkkörperchen, die sich nachher untereinander verbinden. Diesem einfachen Bau entsprechend ist die Ernährung eine sehr eigenthümliche. Unmittelbar aus der Haupthöhle dringt bei diesen Thieren der Strom nährstoffhaltigen Seewassers durch vier oder mehr Magensäcke in ebensoviele Fühler, schwellt dieselben an, und tritt, nachdem die Wandungen den Nahrungsstoff desselben aufgenommen, entweder durch dieselbe Körperöffnung, oder auch wohl in einzelnen Fällen durch besondere Pforten wieder heraus. Man bemerkt deshalb gerade wie um die Oeffnungen der Schwammthiere einen beständigen Strudel um diese mit Armen versehenen Polypen-Mäuler. Bei den Medusen, die nach einem ganz ähnlichen Plane gebaut sind, setzt sich der Kreislauf der Magenflüssigkeit in ein System engerer Kanäle fort, aber niemals ist bei den Pflanzenthieren ein gesonderter Gefäßapparat vorhanden, in welchem eine erst aus dem Magensaft filtrirte Ernährungsflüssigkeit (Blut) kreiste; Ernährung, Athmung und Bewegung fallen noch zusammen, die Fangarme selbst sind nur durch den Mageninhalt geschwellte Ausstülpungen der Magenhöhlung. Diesem Mangel einer besonderen, blutgefüllten Leibeshöhle

Fig. 140.
Stauria astraeiformis aus silurischem Kalkstein von Gothland.

Fig. 141.
Cyathaxonia Dalmani aus den obersilurischen Schichten.

(Cölom) oder vielmehr die Gemeinsamkeit des Raumes für Verdauung und Cirkulation hat den Pflanzenthieren den Namen der Cölenteraten verschafft, der aber wie die meisten solcher Namen insofern nicht völlig abgrenzend ist, als sich die niedersten Würmer in dieser Beziehung den Pflanzenthieren ganz ähnlich verhalten und also zu den Cölenteraten gezogen werden müßten, was wieder die Vereinigung morphologisch zusammengehöriger Formen und die klare Uebersicht stören würde.

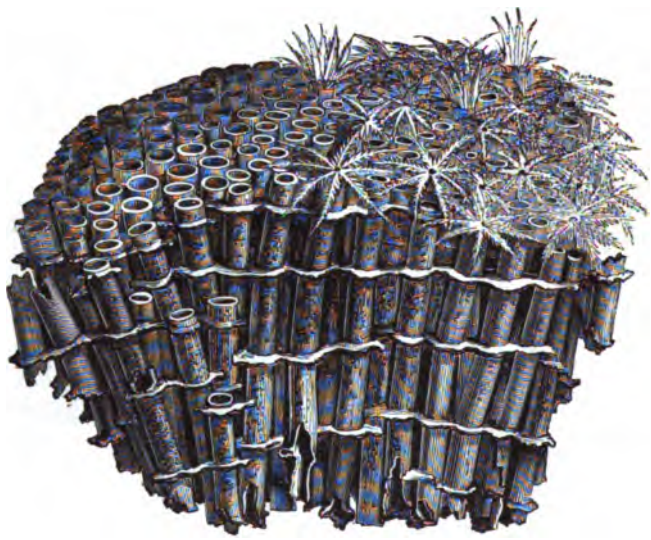


Fig. 142.
Orgelkoralle.

Die ältesten Polypen und Korallen waren anscheinend vielfach Einzelwesen und zeigten weniger Neigung, als diejenigen späterer Zeiten, durch unaufhörliche Sprossung und Verkettung der Nachkommen lebende Stammbäume zu bilden, bei denen das Alter der einzelnen Theile von oben nach unten zunimmt. Aber diese vierzähligen Gruppen- und Einsiedler-Korallen der silurischen Meere (Fig. 140 und 141) waren dafür ansehnliche Personen, die sich ohne Zweifel ebensosehr durch ihre Schönheit, wie durch ihre Gefräßigkeit ausgezeichnet haben. Die zarten, blumenblattartigen, oft wie aus Tüll oder einem noch zarteren Gewebe gebildeten Arme der Blumenthiere ziehen, was nur immer hinein will, in den unersättlichen Schlund. Einem Thier, welches nicht viel mehr vorstellen will, als einen ausgeputzten Magen, dürfte solche Gefräßigkeit zu verzeihen sein. Die eines festen Gerüstes entbehrenden See-Rosen, See-Anemonen und See-Nelken unserer Meere, diese ihrer Farbenpracht und Zierlichkeit halber vielbewunderten Meerblumen der Aquarien (vgl. die Farbentafel „Maskirung

bei Krebsthieren" mögen, von dem Zahlenverhältniß der Arme abgesehen, die Ebenbilder jener einfachen Runzelkorallen oder Rugosen sein, die in den ältesten Zeiten mit zahlreichen Arten die Uferklippen schmückten, aber schon in der Kreidezeit bis auf eine einzige Gattung ausgestorben waren. In den Cereanthiden haben anscheinend noch zwei weniger veränderte Arten dieser vierzähligen Urpolypen unsere Zeit erlebt und verrathen ihre tiefere Stellung unter ihres Gleichen auch dadurch, daß sie hermaphroditisch sind, während alle übrigen Korallenthiere den Fortschritt der Geschlechter-Vertheilung auf verschiedene Individuen zeigen. Natürlich geht bei allen diesen Thieren auch die Fortpflanzung vom Magen aus vor

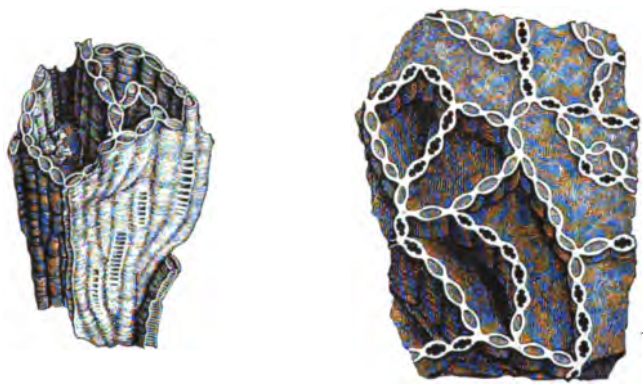


Fig. 143.
Kettenkoralle (Catenipora escharoides) aus dem obersiluriſchen Kalk Gothlands.

sich; die an den Sternfalten desselben gelegenen Geschlechtsorgane entleeren die Fortpflanzungszellen in Gemeinschaft der ausgesogenen Nahrungsreste.

Von den vierzähligen Korallenthieren der ältesten Zeiten, die ohne Zweifel der Grundform am nächsten standen, stammen die beiden auseinanderlaufenden Stämme der sechs- (oder zwölf-) strahligen Korallen als die ältere, und der achtstrahligen als die jüngere Linie ab. Sie bildeten zum Theil ursprünglich gar kein den Magenausstülpungen entsprechendes Sterngerüst aus, sondern begnügten sich, den einfachsten Hydroid-Polypen ähnlich, mit einem äußeren harten Futterale (Röhrenkorallen), welches zuweilen durch Querwände in mehrere übereinanderliegende Stockwerke getheilt wird (Orgelkorallen.) Von den letzteren leben noch einige wenige Arten (siehe Fig. 142); die Röhrenkorallen sind schon in der Steinkohlenzeit ausgestorben. Während die vierzähligen Korallen der Primordialzeit mit ihrem weitmündigen Sterngerüst wohl untereinander Gruppen bildeten, aber nur ausnahmsweise sich zu größeren geschlossenen Massen vereinigten, begannen die sechszähligen Nachkommen den Vortheil und die Stärke, welche in der Einigkeit liegt, früh zu be-

thätigen, und so begegnen wir bereits in der Primordialzeit einigen Arten riffbildender Korallen, in denen zahllose Polypenthiere zu einem langsam höher wachsenden Bau vereinigt blieben. Vornämlich waren es die sogenannten Kettenkorallen (Fig. 143), dann aber namentlich Porenkorallen (Perforaten- oder Madreporaceen), deren Kalkwandungen mit feinen Oeffnungen übersäet sind, welche seit der Sekundärzeit herrschend wurden, und über deren Riffbauten oben (S. 70 bis 78) ausführlich berichtet wurde.

Fig. 144.
Cyathina Bowerbanki.

Die Verbindung der Korallenpolypen zu baum- oder strauchartig verzweigten Stöcken, die noch ihren Skeletten eine so eigenartige Schönheit verleiht, um als Kaminschmuck zu prangen, hatte eine eigenthümliche morphologische Umwandlung der ursprünglich regelmäßig strahlig (actinot) gebauten Polypen zur Folge, die einen weiteren Punkt ihrer Blumenähnlichkeit bedingt. Man weiß, daß unter den Pflanzen mit gehäuften Blüthenständen, z. B. bei der Sonnenblume, nur die mittleren Blumen eine regelmäßig sternförmige Krone bewahren. Die seitlichen sind unregelmäßig lippen- oder zungenförmig gebaut, sie sind nicht sternförmig, sondern nur zweiseitig (bilateral) symmetrisch und man kann gleichsam Bauch und Rücken, rechte und linke Seite unterscheiden. Den Lippen- und Larvenblumen in den meisten Beziehungen vergleichbar, haben nun auch die seitenständigen Blüthen der Korallenstöcke meist ihre regelmäßige Sternform eingebüßt, aber daß dies nur eine nachträgliche Abänderung war, zeigt das Vorkommen völlig regelmäßig sternförmiger Endpolypen neben den zweiseitig symmetrischen Seitenpolypen. Es war das aber eine wahrscheinlich sehr folgenreiche Einwirkung, denn sie erklärt vielleicht am besten, wie aus den vierzähligen Urkorallen durch Einschiebung zweier neuen (statt vier) Theilstücke, sechszählige Korallen entstehen konnten. Uebrigens sind nicht alle späteren Korallen stockbildend geworden, sondern viele sind einzellebend geblieben oder von neuem geworden, wie die Fig. 144 abgebildete Koralle aus der Kreidezeit und die bekannten Fleischkorallen (Actinien oder Seerosen) unserer Meere, die sich aber dann auch durch eine bedeutsame Annäherung an die regelmäßig strahlige (actinote) Grundform auszeichnen.

Bei den geſellig zu Hunderten und Tauſenden auf einem veräſtelten Stocke lebenden Polypen, ſeien es nun echte Korallen oder ihre Schweſtern, die Hydroid-Polypen, zu denen die ſogenannten Graptolithen (Fig. 145) gerechnet werden, findet meiſt eine innere Verbindung der Verdauungskanäle untereinander ſtatt. Alle Mäuler nehmen, wie die Blätter eines Baumes, getrennt Nahrung auf, aber ihre Magenhöhlen münden nach hinten in einen gemeinſamen Ernährungskanal; jedes Thier raubt und frißt für die ganze Gemeinde und ein gleichmäßiger Nahrungsſtrom erfüllt die Lebensader der geſammten Kolonie, um, wie der Saft des Baumes, nicht nur die einzelnen

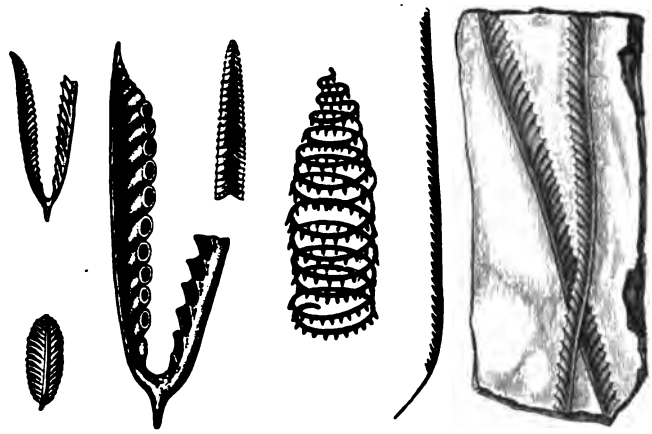


Fig. 145.
Graptolithen aus dem norwegiſchen, böhmiſchen und engliſchen Silur.

Angehörigen zu ernähren, ſondern auch aus den allſeitigen Abgaben den Stamm zum Weiterſproſſen zu kräftigen. Neben ihm verläuft wahrſcheinlich auch ein Generalnerv, denn von einem erſten gereizten oder erſchreckten Thierchen läuft der Rath, ſich zu ducken, ſchnell von Nachbar zu Nachbar und wie weggeblaſen verſchwinden die Thierchen bei drohender Gefahr. Bei einzelnen Seefeder-Arten, deren Polypen Licht ausſtrahlen, läuft die Parole zum Illuminiren wahrſcheinlich denſelben Weg; Flämmchen an Flämmchen taucht in ſchneller Reihenfolge auf, wie die Gasflammen am Rohre eines Illuminationsſtückes, und verſchwinden ebenſo reihenweiſe, wie dieſe beim Ausdrehen des Haupthahns. Vielleicht veranſtalteten die langen graden oder ſpiralförmig gewundenen Sägeblätter der Graptolithen (Fig. 145) ſchon im ſiluriſchen Meere derartige Feuerwerke und jedes Zähnchen ihres Randes trug ſein Flämmchen, wie heute bei einzelnen Seefedern, die in kunſtvoll geſchwungener Flammenlinie einem Handgriffe von ſolcher Zierlichkeit aufſitzen, als ſollte eine Nereide dieſen Feuerfächer ergreifen, um damit in dunkler wolkenverhüllter Nacht ihren Weg durch die Wellen zu ſuchen (Fig. 146).

Geistige Fähigkeiten darf man bei diesen Magenthieren natürlich nur in einem sehr bescheidenen Maße vermuthen. Man hat sich durch Zwischenschieben von Glasplatten und durch andere Mittel überzeugt, daß die See-Anemonen ihre Beute nur durch den von dieser hervorgebrachten Strudel zu unterscheiden vermögen; Gesichts-, Gehörs-, Tast- und Geruchssinn scheinen noch zu einer Art von Allgemeingefühl verschmolzen zu sein. Etwas weiter in dieser Beziehung dürften es die Blüthen am Stamme der Pflanzenthiere gebracht haben, welche sich im vorgerückten Alter von dem Stengel ablösen, auf welchem sie als Knospen erschienen und aufblüheten, um ein freies Wanderleben zu führen, wie die männlichen Blüthen der vielbesungenen Vallisneria — einer Wasserpflanze der Rhone und anderer südeuropäischen Flüsse — sich von ihrem Stengel ablösen, um schwimmend die Weibchen zu erreichen. Wir meinen die höchstentwickelten Pflanzenthiere, die Medusen oder Quallen, welche in Gestalt durchsichtiger, zart gefärbter Hutpilze im Meere meist in dichten Schaaren vermöge rhythmischer Zusammenziehungen ihrer Glocken umherschwimmen, und mit Hülfe von vierzähligen Fangarmen, die im Kreise um die nach unten gerichtete Mundöffnung gestellt sind, Nahrung in dieselbe hineinziehen.

Fig. 146.
Pteroeides spinosum.

Unter ihnen muß man zwei durchaus verschiedene Abtheilungen unterscheiden, die bei aller äußerer Uebereinstimmung wesentliche innere Verschiedenheiten darbieten, und höchst wahrscheinlich aus ganz verschiedenen Polypen-Gruppen hervorgegangen sind. Die einen, welche man nach dem Besitze eines schleierartigen Hautsaumes am unteren Glockenrande, Saum- oder Schleierquallen (Craspedotae), auch Hydromedusen nennt, stammen wahrscheinlich von Hydroidpolypen ab, deren Röhre keine Scheidewände besaß. Das sich zunächst aus der Darmlarve entwickelnde Thier bildet meist einen verästelten Stamm, wie die gewöhnlichen Hydroidpolypen und die jungen Medusen erscheinen als Nebenknospen an diesem Stamme (Fig. 147), den sie nachher verlassen, um als freilebende Geschlechtsthiere die andre Hälfte ihres Daseins zu vollbringen. Dieser Vorgang ist dadurch höchst lehrreich, weil er uns recht überzeugend das sogenannte biogenetische Grundgesetz erläutert, nach welchem das Individuum in seiner

Fig. 147.
Syncoryne mit einer Anzahl daran knospender Medusen auf verschiedenen Entwicklungsstufen (a, b, c, d, e).

Entwicklung die Stufen kurz zu wiederholen hat, welche seine Ahnen durchlaufen haben, indem sie in ihrer Organisation weiter fortschritten. Denn es kann hiernach wohl kaum einem Zweifel unterliegen, daß sich in ähnlicher Weise ursprünglich die Geschlechter der Schleiermedusen aus Hydroidpolypen entwickelt haben.

Die höherstehenden Schleierlosen (Acraspedae) oder Becherquallen (Scyphomedusae), zu denen viele besonders schöne und große Arten

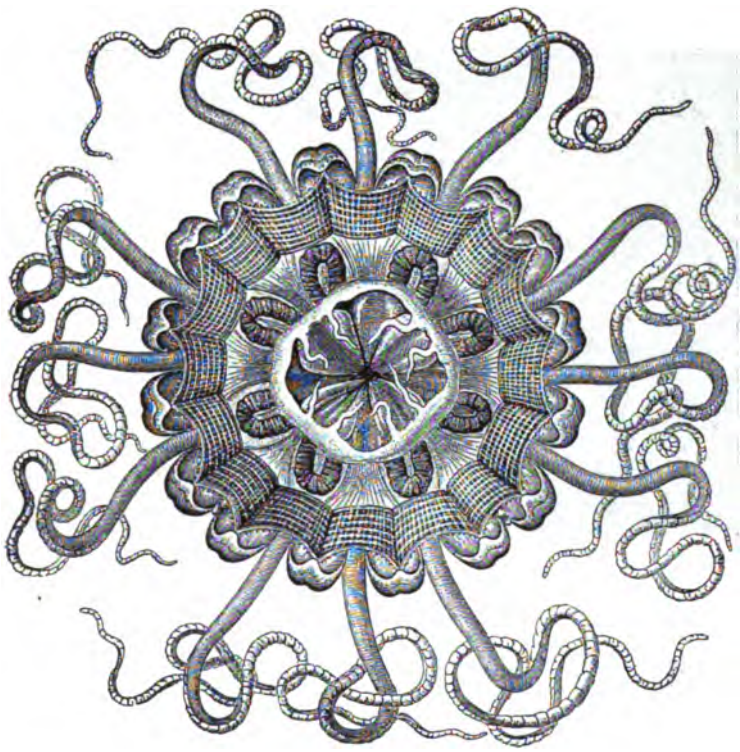


Fig. 148.
Periphylla mirabilis Häckel, eine bei Neuseeland gefangene Tiefsee-Meduse in halber natürlicher Größe. (Nach dem Challenger Report.)

(vgl. Fig. 148) gehören, zeigen dagegen nach Häckel, durch ihren innern Bau, und namentlich durch das Vorhandensein von Magenfäden an, daß sie von Becher-Polypen abstammen, deren Magenraum durch vier vorspringende Leisten in vier Nischen getheilt wird. Diese Medusen-Familie steht daher den Korallen näher und da einzelne von ihnen, wie die Laternen-Qualle (Lucernaria) durch einen vom Rücken der Scheibe ausgehenden Stiel wieder auf dem Boden festwachsen, so glauben einzelne neuere Forscher sogar, die Korallen möchten aus solchen Quallen entstanden sein. Auch die

Entwicklung dieser höheren Quallen bietet sehr merkwürdige Erscheinungen. Der schwedische Pastor Sars glaubte kaum seinen Augen trauen zu dürfen, als er vor mehr als einem Vierteljahrhundert zum ersten Male die Entwicklung der gemeinen Ohrenquallen verfolgte, welche in der Ost- und Nordsee den Badenden oft zu Hunderten umgaukeln. Er sah sie aus ihrer Mundöffnung Eier auswerfen, welche sich zur Darmlarve (Fig. 149[1]) entwickelten, die alsdann ganz wie ein gewöhnlicher Polyp sich mit dem der Mundöffnung entgegengesetzten Ende festsetzt, die Wimpern verliert und erst

Fig. 149.
Entwicklung der Ohrenqualle (Medusa aurita).

vier, dann mehr Fangarme rings um die Mundöffnung hervortreibt. In diesem Zustande gleicht das junge Thier einem gewöhnlichen festsitzenden, glockenförmigen Polypen, ebenso wie der junge Frosch im Kaulquappenzustande einem Fische gleicht. Aber das dauert nicht lange; das Thier erhält dicht unter seinem stark vermehrten Fühlerkranze eine ringförmige Einschnürung, der eine zweite, dritte u. s. w. folgen, bis das Ganze aussieht, wie ein Baumkuchen oder ein Satz Teller, dessen oberster den Fühler- oder Tentakelkranz trägt. Bald darauf brechen aus dem Rande jeder einzelnen dieser Abtheilungen ebenfalls kurze Fortsätze hervor. Die einzelnen Abschnitte, die auseinander hervorgesproßt sind, trennen sich endlich durch Vertiefung der Einschnürungen von einander und jede bildet wieder eine junge Meduse, deren Fangarme und übrigen Organe nunmehr völlig auswachsen, nachdem sie ihre Freiheit und Selbständigkeit erlangt hat. Dieser als Generationswechsel bezeichnete Vorgang kehrt bei verschiedenen höhern Medusenarten in ähnlicher Weise wieder und namentlich erscheint die letzte

Larvenform (Fig. 149[10] und [11]) mit acht Sinneskolben und 16 Randlappen, so regelmäßig im Entwicklungsgange der verschiedensten Medusen-Arten dieser Klasse, daß ihr Häckel einen besonderen Namen (Ephyrula-Larve) beigelegt hat, und sie als das Nachbild der Stammform Ephyräa) dieser ganzen Abtheilung betrachtet, während sehr wenig veränderte Nachkommen einfachsten Baues (Ephyra u. A.) auch heute noch existiren. Besonders wichtig ist dabei noch der Umstand, daß bei einzelnen Angehörigen dieser Fürsten unter den Pflanzenthieren und namentlich auch bei der Ohrenqualle, die Entwicklung gelegentlich sich abkürzt, indem sich die Darmlarve nicht erst in einen festsitzenden Polypen, sondern mit Ueberspringung mehrerer Zwischenstufen gleich direkt in eine jugendliche Medusenlarve umwandelt. Ganz ähnliche Abkürzungen finden in der Entwicklungsgeschichte der höheren Thiere sehr häufig statt, denn sonst müßte jedes Individuum auf seinem Lebenswege bei sämmtlichen Vorstufen verweilen, die seine Ahnen erreichen mußten, und das wäre bei den höchsten Thieren ein langer Weg, aber nur selten ist, wie von Häckel bei der Ohrenqualle, die allmälige und die abgekürzte Entwicklung bei verschiedenen Individuen ein und derselben Thierart beobachtet worden. Die Schwimmpolypen sind in jeder Beziehung höher organisirte Thiere als die festsitzenden Polypen. Das Gefäßsystem ist zwar immer noch kein eigentliches, sondern ein einfacher Kreislauf-Apparat, der vom Magen ausgeht, jedoch von etwas höherer Ausbildung. Ebenso hat man bei ihnen auch Andeutungen von Sinnesorganen entdeckt und die Anfänge eines Muskelsystems sind gleichfalls vorhanden.

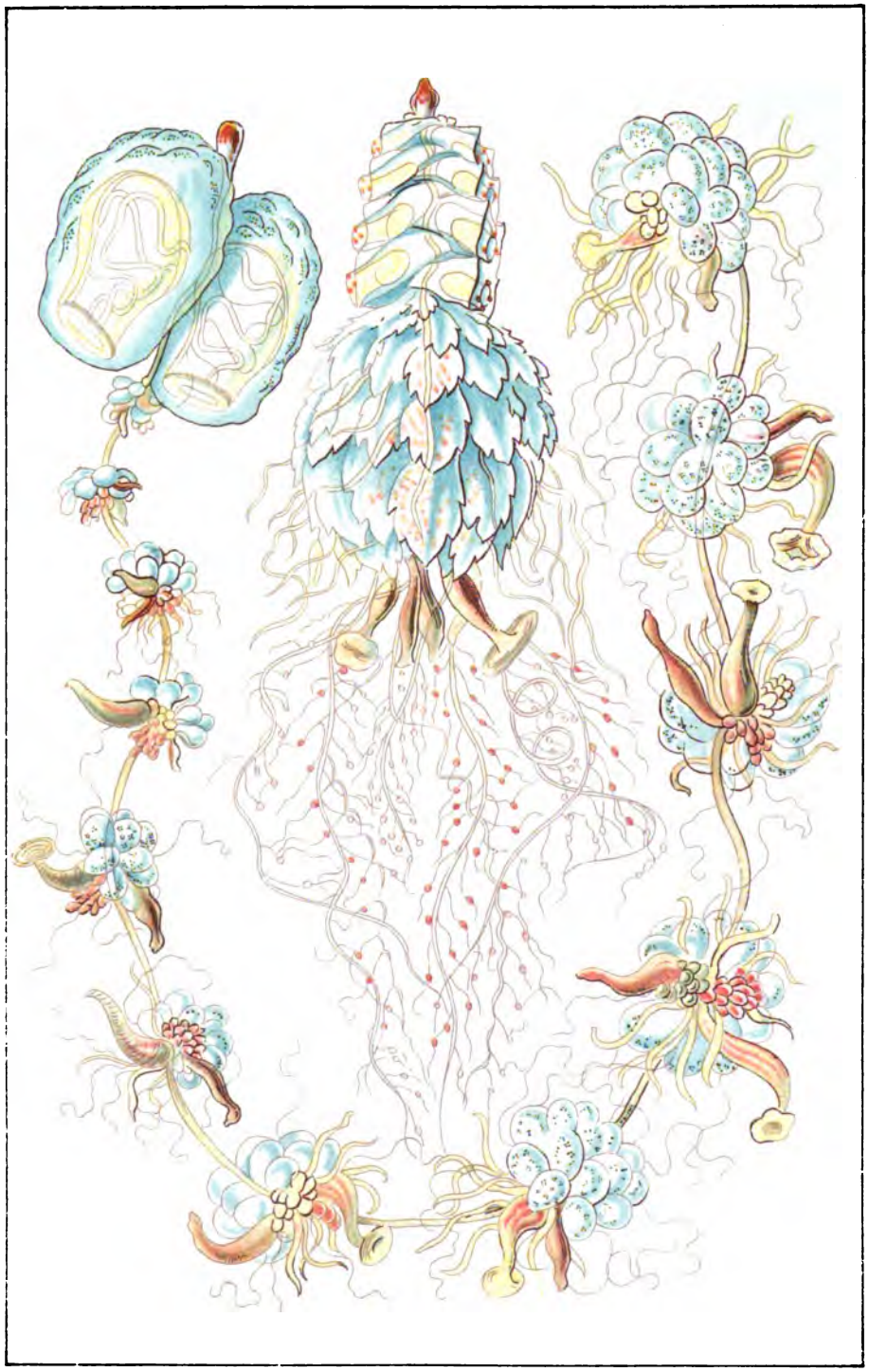
Fig. 150.
Rhizostoma Cuvieri.
o Mundöffnung der Arme, oe Speiseröhren, v Magen, r Radial-Kanäle, c Zweig-Kanäle

Eine sehr eigenartig ausgebildete Gruppe der Bechermedusen bilden die sogenannten Wurzelmundquallen, von denen wir eine Art (Rhizostoma Cuvieri) in Fig. 150 dargestellt sehen. Bei ihnen ist die bei den gewöhnlichen Quallen von der Mitte der Scheibe herabhängende allgemeine Mundröhre zugewachsen, dagegen haben sich die Fangarme verbreitert und durch Zusammenlegen der Ränder in Röhren verwandelt, die meist in Folge krausenartiger Randfaltungen in zahlreiche Aeste ausgehen, welche durch viele feinere Oeffnungen nach außen münden. Uebrigens sind diese Mundöffnungen sehr dehnbar, und es können bei verschiedenen Arten auch größere Beutestücke aufgenommen werden, deren Verdauung dann bereits in den

Arm-Röhren beginnt. Sie sind als eine für sich bestehende Gruppe zu betrachten, die sich aus den gewöhnlichen Becher-Medusen entwickelt hat.

Bei den sogenannten Staats- oder Röhrenquallen (Siphonophoren) (Fig. 151) trennen sich die einzelnen Medusen nicht von dem gemeinsamen Stamme, aus dem sie hervorsprossen, sondern bleiben vereinigt, wie die Polypen eines Korallenstockes und bilden einen großen schwimmenden Thierstaat in höchst merkwürdiger Ausbildung. Während unter den Angehörigen eines Korallenstockes keine anderweite Arbeitstheilung, als höchstens die Trennung in Männchen und Weibchen, eintritt, gewahren wir hier die Vertheilung der einzelnen Geschäfte auf verschiedene Individuen in einer Durchführung, wie sie uns kaum unter den Insekten in ähnlicher Weise noch einmal entgegentritt. Manche dieser Thierstaaten, wenn sie in südlichen Meeren dahergezogen kommen, gehören zu den prachtvollsten Phänomenen des an Schaustücken wahrlich nicht armen Oceans. (Vgl. die Farbentafel „Röhrenquallen.") Sie gleichen einer krystallenen Guirlande, die mit Blättern, großen Blumen, Trauben und anderen Früchten dicht und in schöner Abwechselung besetzt erscheint, denn die Einzelthiere nehmen je nach der ihnen zugefallenen Staatsarbeit sehr ungleiche Gestalten an. An der Spitze des Staatsdarms, von welchem sämmtliche Bürger ihre Nahrung empfangen, obwohl nur einzelne mit der Herbeischaffung derselben beschäftigt sind, schwimmt, die Stelle des Staatsoberhauptes einnehmend, eine leere Luftblase. Zunächst unter ihr folgen eine Reihe sogenannter Lokomotiven, welche durch rhythmisches Einziehen und Wiederausstoßen des Wassers aus ihrer Mundöffnung das Staatsschiff bewegen. Nun folgen in abwechselnder Reihe die Freßpolypen, welche häufig einer großen Glockenblume gleichen und einen langen verzweigten Nesselfaden als Angelruthe zum Heranziehen der Beute neben sich haben, Tastpolypen mit einem ähnlichen einfachen Faden als Tastorgan, endlich männliche und weibliche Geschlechtsthiere, alle von verschiedener Gestalt. Mitunter finden sich zwischen diesen Beamten zahlreiche zurückgebildete Polypen, welche die Form eingeschnittener Blätter annehmen und als Deckschuppen dienen, um den zwischen ihnen vertheilten Gemeindegliedern Schutz zu bieten. So haben sich zuweilen sechs bis sieben verschiedene Thierformen in die laufenden Geschäfte getheilt, um auf niederer Stufe der Allgemein-Organisation etwas

Fig. 151.
Physophora hydrostatica.



Röhrenquallen.

Agalma Eschscholtzii Haeckel (Mittelbild).
Dicymba diphyopsis Haeckel (äußere Figur).

Aehnliches zu erreichen, wie es der höhere Organismus durch seine zu einem festen Ganzen vereinigten Organe bewerkstelligt. Die Arbeitstheilung, welche sonst, mit Ausnahme der wichtigen Geschlechtsfunktionen, meistens nur unter den Individuen erster Ordnung unter den Zellen und den von ihnen gebildeten einfachen Geweben vor sich geht, hat sich hier der Einzelthiere bemächtigt, um ein zusammengesetztes Thier dritter Ordnung zu bilden, dessen Betrachtung äußerst lehrreich ist, auch für das Verständniß des einfachen Thieres, welches ebenfalls als ein Gemeinwesen aus dem Ganzen untergeordneten Theilen betrachtet werden kann. Die Herleitung der Röhrenquallen oder Schwimmpolypen ist in verschiedener Weise versucht worden. Man kann entweder mit Balfour annehmen, daß diese zusammengesetzten Thiere durch Sprossung aus einfachen Medusen entstanden seien, oder daß Stöcke von Hydropolypen Schwimmvermögen erlangt haben, worauf die Arbeitstheilung unter den einzelnen miteinander verbundenen Medusen als das Werk allmäliger Vervollkommnung betrachtet werden muß.

Fig. 152
Rippenqualle (Pleurobrachia pileus).

Viel mehr Mühe verursachte die Herleitung der sogenannten Kamm- oder Rippenquallen (Ctenophorae) (Fig. 152), zweiseitig symmetrisch gebauter Thiere, von den strahlig (actinot) gebauten Medusen. Sie verdanken ihren Namen den meist an ihrem Körper hervortretenden acht Rippen oder Leisten, die von kammförmigen Schwimmplättchen mit Flimmerhaaren besetzt sind. Aber im Jahre 1879 entdeckte Häckel eine Meduse (Ctenaria ctenophora), die in allen Punkten ein Mittelglied zwischen den gewöhnlichen Schleierquallen und Rippenquallen darstellt. C. Chun konnte bald darauf in seiner Monographie der letzteren Gruppe die Häckel'sche Auffassung, wonach die Rippenquallen von Schleierquallen abstammen, durch die Entwicklungsgeschichte bestätigen, wobei sich zeigte, daß die zweiseitige Symmetrie sich früh bei den jungen Larven geltend macht. Derselbe Beobachter zeigte ferner durch embryologische Studien, wie sich auch die extravagantesten Formen unter den Rippenquallen wieder von den einfacheren herleiten lassen. Bei dem Venusgürtel (Cestum Veneris), einer Rippenqualle des Mittelmeeres, hat sich der Körper nach zwei gegenüberliegenden Seiten dermaßen entwickelt, daß er die Gestalt eines ellenlangen, in allen Regenbogenfarben schillernden Gürtels erlangt hat, welcher mit den elegantesten Schlängelungen und Wellenlinien im Wasser fluthet. Aber in seiner Jugend zeigt dieses bandförmige Thier eine kuglige Form und eine Vertheilung der Magengefäße, Rippen und Schwimmplatten wie die hier abgebildete Art, worauf eine sehr durchgreifende Umbildung aller Theile sie in das gürtelförmige Wesen umwandelt, während fast nur die Lage des den Gürtel in der Mitte quer durchsetzenden Mundtrichters und Nahrungskanals dieselbe bleibt.

So finden wir also schon unter diesen einfachst gebaueten Thieren eine überraschende Mannigfaltigkeit der Formentwicklung und schließlich sogar eine Annäherung an den zweiseitig symmetrischen Bau der höheren Thiere. Man hat sie denselben gewissermaßen als noch nicht vollblütige Thiere, als Niederthiere (Coelenteria) oder Pflanzenthiere gegenübergestellt. Und wenn man die Medusen, diese unruhig dahinflatternden Schmetterlinge des Meeres ausnimmt, muß man sagen, daß die Familie wirklich, ihrem Namen entsprechend, eine große Pflanzenähnlichkeit besitzt. Das Auseinanderhervorsprossen, der gemeinsame Nahrungsstrom, die stille Lebensweise, die leichte Zertheilbarkeit (vgl. S. 155—156), das Stehenbleiben der Gesammtorganisation auf der Stufe des Magens, Alles das sind Pflanzen-Charaktere, und selbst die Schwimmpolypen gleichen einer Blumenguirlande. Bei Pflanzen und Pflanzenthieren liegen die seelischen Thätigkeiten tief darnieder, weil ein Centralorgan für dieselben fehlt, und auch auf die letzteren könnte man die schönen Worte, welche Aristoteles über die Psyche der Pflanzen sprach: „sie liegen in einem tiefen, nicht zu verscheuchenden Schlummer", anwenden. Die Scheu Réaumur's, den Namen Peyssonels, der zuerst gewagt hatte, die Korallen als Thiere zu bezeichnen, nur zu nennen, um ihn nicht dem Gespötte preiszugeben, zeigt immerhin von einem tiefen Studium der Korallenthiere, welche Pflanzenähnlichkeit genug bieten, um über ihre wahre Natur zu täuschen. Zwar zeigen sich bei den Polypen Anfänge von Schlundnerven und bei den Medusen von einfachen Sinnesorganen, die von einem das Thier umgürtenden und zu Nervenknoten (Ganglien) anschwellenden Nervenring ausstrahlen, aber es sind eben nur Anfänge, die man kaum mit Bestimmtheit, je nach ihrer verschiedenen Bildung, als Gehörs- und Gesichtsorgane zu deuten wagt. Die Centralisirung der geistigen Thätigkeiten, welche in den höchsten Thieren auch am weitesten getrieben ist, beschränkt sich hier noch auf eine bloße Verbindung der nervösen Elemente untereinander. Wir werden daher auch die Entstehung der Sinnesorgane und des Nervensystems besser und im Zusammenhange bei den viel weiter in der Centralisirung vorgeschrittenen Wurmthieren betrachten, wobei auf die einfachen Verhältnisse, wie sie sich bei niederen Pflanzenthieren finden, Rücksicht genommen werden wird. Dem festsitzenden Thiere konnte die Ausbildung führender und sorgender Organe ebensowenig wie der im Boden wurzelnden Pflanze etwas nützen, die Empfindungsfähigkeit verblieb daher in mehr oder minder starkem Maße allen dicht unter der Oberhaut liegenden Theilen (sogenannten Nervmuskelzellen) und nur die freibeweglichen höchsten Pflanzenthiere bedurften eines kleinen Vorzugs in Gestalt einfachster Sinnesorgane.

Wohl bei keiner andern Thierklasse konnte der Stammbaum so im Einzelnen dargelegt werden, als es unter den Pflanzenthieren namentlich durch die Arbeiten Häckels für diese Abtheilung geschehen ist, die man als die Nesselthiere (Acalephen oder Cnidarier) zusammenfaßt. Als gemein-

same Urform können unbedenklich unsrem Süßwasser-Polypen naheſtehende Thiere angenommen werden. Aus ihnen entwickelten ſich zunächſt als zwei divergirende Hauptgruppen einerſeits die Hydropolypen ohne Magenleiſten, und die Becherpolypen mit Magenleiſten. Aus erſteren gingen dann Röhren-, Orgel- und Hydrokorallen hervor, die keine Magenleiſten beſitzen und niemals Meduſen bilden, ſpäter die Saumquallen erzeugenden. In ganz analoger Weiſe entwickelten ſich aus verſchiedenen Zweigen der Becher- oder Leiſten-Polypen einerſeits die gewöhnlichen Korallen und See-Anemonen, die niemals Meduſen erzeugen, andererſeits die ſaumloſen Becherquallen. Von den Saumquallen laſſen ſich ſchließlich leicht die Rippenquallen und auch die Röhrenquallen ableiten, während die Bechermeduſen ſich in Scheibenquallen und Wurzelmundquallen gliederten. Die meiſten dieſer Thiere gehören der weiten Fläche des offenen Meeres, deſſen ſchönſte Schmuckſtücke ſie, namentlich im Süden, bilden. Nur wenige der einfachſten Polypenformen haben ſich an das Leben im Süßwaſſer gewöhnen können, aber in den letzten Jahren hat man auch einige kleine Meduſen-Arten entdeckt, die im ſüßen Waſſer leben und von denen eine amerikaniſche Art zuerſt in einem Londoner Victoria-Hauſe aufgefunden wurde, worauf Böhm und Wiſſmann eine zweite Art (Limnocodnida Tanganyicae) in dem heute weit vom Meere entfernten Tanganyika-See entdeckten. Sie deutet gemeinſam mit einigen Schnecken, deren nächſte Verwandte im Jura-Meere lebten, darauf hin, daß jener große amerikaniſche Binnenſee in früheren Erdepochen mit dem Meere in Verbindung geſtanden hat. In dem brackiſchen Waſſer der Flußmündungen halten ſich verſchiedene Quallen-Arten und mögen ſo durch Emporwanderung in die Mündungen allmälich an Süßwaſſer gewöhnt worden ſein. Der Stamm reicht, ſeiner niederen Organiſationshöhe entſprechend, weit in der Erdgeſchichte zurück, und ſelbſt von der im Allgemeinen am höchſten entwickelten Gruppe der Meduſen hat man in neuerer Zeit bereits unzweifelhafte Abdrücke aus kambriſchen Schichten entdeckt.

VIII.

Die Vorläufer der höheren Thierformen.

(Würmer und Wurmverwandte.)

Wer den Ton gefunden,
Der im Grund gebunden
Hält den Weltgesang,
Hört im großen Ganzen
Keine Dissonanzen,
Lauter Uebergang.

Rückert.

Im entschiedensten Gegensatze zu der im vorigen Kapitel betrachteten wahrhaft konservativen Partei der Nieder- oder Pflanzenthiere (Cölenterien), deren Mehrzahl sich früh dem Stillestand und einer festsitzenden Lebensweise hingab, ging aus denselben Anfängen die Partei der Fortschrittler hervor, denen zu allen Zeiten die Zukunft gehörte. Die Oberthiere (Coelomaria) beginnen freilich ebenfalls mit bescheidenen Anfängen, mit Wurmthieren, die gleichfalls noch der gesonderten Leibeshöhlung (des Coeloms) entbehren, und daher den Niederthieren zuzurechnen wären. Die Gruppe dieser aus einer äußerlich gleichen Darmlarve (Gastrula Fig. 127 B) hervorgegangenen Ur-Wurmthiere der Vorzeit bewahrte ihre Freiheit, als hätte sie den weiten Weg, der zurückzulegen war, geahnt, und der Versuch, sich Fortkommen und Nahrung selbst zu suchen, statt im passiven Verharren die Dinge über sich ergehen zu lassen, wurde der Anlaß zur Ausbildung vollkommener Bewegungs- und Sinnesorgane. Die Darmlarve streckte sich in ihrem Vorwärtsstreben etwas länger, behielt ihre Flimmerhaare, die, wenn nicht zum Schwimmen, doch dazu dienen konnten, das lufthaltige Wasser an der Hautoberfläche für die Athmung zu erneuern und wurde ein — Wurm. Dieser Urwurm war aber wahrscheinlich zunächst nicht viel mehr als eine langgestreckte Gastträube mit einfacher, gleichzeitig als Mund und Kloake dienender Leibesöffnung, ohne Gefäßsystem, Muskeln und Gliedmaßen. In den Strudelwürmern der Meere und Süßwasser können wir noch heute sehr einfach organisirte Würmer sehen, obwohl sie immerhin schon etwas vollkommener

gebaut sind, als es die unmittelbaren Nachkommen der Gasträa gewesen sein werden. (Fig. 153.) An ihnen lassen sich noch die ursprünglichen Verhältnisse dieser Thiere studiren. Der ernährende Darmkanal (d) ist noch dem Urdarm der Gasträa gleichwerthig und besitzt eine einzige Oeffnung (m), die Mund und After zugleich ist, wobei sich ein muskulöser Schlundkopf (sd) durch Einstülpung des Hautblattes gebildet hat. Innerhalb der Klasse der Strudelwürmer oder Turbellarien wandert dieser Urmund (Prostoma) auf der Mittellinie des Bauches von hinten nach vorn, so daß er z. B. bei den Plattwürmern mitten auf der Bauchfläche liegt, und endlich an das vordere Körperende gelangt, wo er zum Nach- oder Dauermunde (Metastoma) wird. Es ist dies ein Vorgang, von dem sich Spuren in der Entwicklungsgeschichte vieler, wenn nicht aller höheren Thiere nachweisen lassen, ein Nachbild jener Trennung von Mund und Kloake, die bei den niederen Würmern anhob, wobei dann die letztere den Platz des früheren Urmundes einnahm.

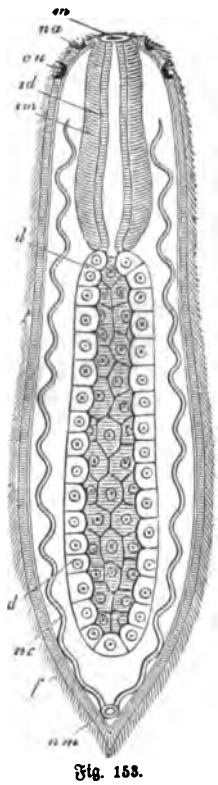


Fig. 153.
Strudelwurm (Rhabdocoelum).
m Mund. sd Schlundepithel sm Schlundmuskulatur. d Magendarm. nc Nierenkanäle. nm Nierenmündung. au Auge. na Geruchsgrube.

In dem Zwischenraume von Außen- und Innenblatt, der noch keine wahre Leibeshöhle (Coelom) darstellt, haben sich bei diesen niedern Würmern ein paar Urorgane ausgebildet, zwei Paar Geschlechtsdrüsen (Gonaden), ein männliches und ein weibliches Paar, und zwei Nierenkanäle (nc), auch Wassergefäße genannt, welche den Körper in seiner ganzen Länge durchziehen, die Ausscheidung der verbrauchten Flüssigkeit aus dem Körper besorgen und getrennt oder vereint nach außen münden (nm). Es sind die den Pflanzenthieren noch fehlenden Ur- oder Vornieren, die auch in der Entwicklung der höheren Thiere auftreten, aber dort durch vollkommenere Organe (Dauernieren) ersetzt werden. Der Thierkörper vervollkommnet sich nicht nur durch Ausbildung der alten Organe, sondern auch, wie wir hier von Mund und Nieren hören, durch Ersatz derselben in vollkommnerer Ausbildung. Auch ein einfaches Nervensystem, von dem bei den Pflanzenthieren nur zweifelhafte Anfänge vorhanden sind, ist bei diesen niedern Würmern bereits entstanden, von dessen Centraltheilen Nervenfasern zu den Augen (au) und Geruchsgruben (na) wie noch andern Körpertheilen führen. Eine eigentliche Leibeshöhle und Blutgefäße treten erst bei den etwas höher stehenden Schnurwürmern oder Nemertinen auf.

Eine der wichtigsten Weiterbildungen, die bei den höheren Würmern zuerst aufgetreten ist, um dann bei allen höheren Thieren wiederzukehren, wurde durch die Verdopplung der Keimblätter eingeleitet. Durch Einfaltung der beiden primären Keimblätter (S. 245) am Urmunde, entstand die Leibeshöhle (Coelom), jene vollkommen abgeschlossene, den Magen als Urorgan umfassende Höhlung, in der das Blut in besondern Bahnen (Adern) kreist, und die durch den Magen aufgenommenen Säfte durch mannigfache Organe verarbeitet werden. Nach der von den Gebrüdern Hertwig zuerst aufgestellten Coelom-Theorie entstand diese den Niederthieren (Cölenterien) vollständig abgehende Leibeshöhle zunächst durch eine rechts und links vom Urmunde erfolgende Einstülpung, wodurch zwei Cölomtaschen vom Urdarme abgeschnürt, eine paarige Leibeshöhlung gebildet, und aus den beiden von Pander entdeckten primären Keimblättern vier sekundäre Keimblätter entstanden waren. Die Anlage und Umbildung dieser erst in der Zwei- und dann in der Vierzahl auftretenden Keimblätter kehrt nun bei allen höheren Thieren in gleicher Weise wieder, so daß man von einer Homologie der Keimblätter durch das gesammte Thierreich spricht. Diese Homologie oder Gleichwerthigkeit spricht sich außer in der gleichen Entstehungsweise und Folge, namentlich darin aus, daß aus dem äußern Keimblatt überall die Hautbedeckungen hervorgehen, während aus dem innern Keimblatt die Verdauungswerkzeuge, aus den sekundären Keimblättern jüngere Organe, vor allem auch die Muskelsysteme der äußeren und inneren Organe entstehen.

Bei Nieder-Thieren betheiligen sich entweder alle, oder nur die mit Wimpern und dergl. versehenen Hautzellen an der zur Hervorbringung der Fortbewegung, zum Ergreifen und Fressen der Beute erforderlichen Bewegungen. Die Ausbildung besonderer Bewegungs- (d. h. Muskel-) Zellen bedeutet einen wichtigen Fortschritt im Sinne der Vervollkommnung des thierischen Körpers auf dem Wege der Arbeitstheilung. Der Wurm begann in einer bestimmten Richtung am Meeresboden zu kriechen, und dieser erst von seinen späteren Nachkommen aufgegebenen und heute mit Verachtung betrachteten Bewegungsform verdanken alle seine Nachkommen den Gegensatz von vorn und hinten, von Bauch und Rücken, von rechts und links. Oder mit andern Worten, die für die höheren Thiere so charakteristische zweiseitige (bilaterale) Symmetrie findet sich bereits bei den niedersten Würmern, die kaum mehr waren als ein langgestreckter Magen, mit der Fähigkeit der Fortbewegung in bestimmter Richtung. Wie sich die allgemeine Zusammenziehbarkeit der Eiweißsubstanz auf ein vorzugsweise contractiles Gewebe (Muskel) zurückgezogen, so mußte auch die allgemeine Reizbarkeit, welche schon den Moneren zukömmt, bestimmten Gewebspartien als ausschließliche Leistung zufallen, um das Mehr zu leisten, welches der bewegliche Organismus gegenüber den Pflanzen und festgewachsenen Pflanzenthieren bedurfte.

Die Forscher unserer Tage, welche die Entwicklung der höheren Wirbelthiere auf das Genaueste verfolgten, wurden durch die merkwürdige Thatsache überrascht, daß sich das Nervensystem und die sämmtlichen Sinnesorgane aus denselben Elementen des Embryo hervorbilden, welche die Grundlage der Bedeckungen des Körpers hergeben, aus dem dieserhalb so genannten Hautsinnesblatt. Das scheint im ersten Augenblick ein sehr auffallendes und sonderbares Verhältniß, allein, wenn wir darüber nachdenken, wie Nerven- und Sinnesorgane in der Natur entstanden sein können, so werden wir bald einsehen, daß dies nur durch die Einflüsse der äußern physikalischen Kräfte, der Wärme, des Lichtes, Schalles u. s. w. auf die Oberhaut geschehen sein kann. Während bei den Urthieren die Empfindlichkeit gegen äußere Einflüsse dem Protoplasma im Allgemeinen eigen sein mußte, beschränkte sich diese Fähigkeit, nachdem eine Sonderung in Oberhaut und Magen eingetreten war, auf erstere, um sich in dieser Beschränkung als Meister zu bewähren. Wie unsere Haut nur noch das sogenannte Allgemeingefühl vermittelt, besaß die Haut der ältesten Thiere ein noch viel allgemeineres Allgemeingefühl; sie empfand nicht blos mechanischen Druck und Wärme, sondern auch die Licht- und vielleicht sogar die Schallschwingungen. Bei dem gewöhnlichen Süßwasserpolypen, dessen Körper nur erst aus zwei Schichten besteht, bemerkt man, daß Hautzellen, die sich einseitig faserförmig verlängern, am äußern Ende reizbar, am innern zusammenziehbar sich erweisen (Fig. 154), also die Thätigkeiten von Nerv und Muskel an ihren Polen zeigen. Bei den Plattwürmern, wo schon ein Nervensystem auftritt, haben sich diese beiden Funktionen bereits gesondert, die Nervmuskelzelle ist durch besondere Nerven- und Muskelzellen ersetzt. In ähnlicher Weise waren alle Sinnesorgane ursprünglich nichts anderes, als empfindliche Theile der Oberhaut, von denen sich sodann Nerven in das Innere des Körpers ausbreiteten. Indem diese neuen nervösen Organe vornämlich an dem voraustastenden Theile, der auch den Mund trug, entstanden, mußte sich hier ein Sammelpunkt von Sinnesorganen, ein in der Folge leitender Theil, der Kopf, bilden (vergl. Fig. 153). Und wie das Urprotoplasma zugleich Oberhaut und Magen, Muskel und Nerv, Gesichts-, Gefühls-, Geschmacks- und Geruchsorgan sein mußte, so dürfen wir uns nicht wundern, daß die Sinnesorgane bei den Würmern mitunter als Universal-Organe auftreten, die man noch weder Augen, Taster, Zungen u. s. w. nennen kann, weil sie Alles zugleich vorstellen.

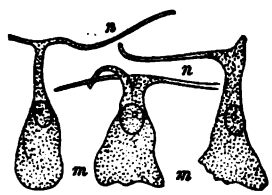


Fig 154.
Nervmuskelzellen von Hydra.
n Aeußere nervöse,
m innere muskulöse Hälfte.

Claus, von Leydig, Ranke und andere Zoologen haben solche Allgemein- oder Uebergangssinnesorgane unter andern noch bei unserm Blutegel, einem bereits sehr hoch entwickelten Wurm, nachgewiesen. Am

Kopfe und insbesondere auf den Sauglippen dieser Thiere, sowie auch an anderen Körperstellen, treten beim Vorwärtsbewegen dunkle stäbchenförmige Wärzchen hervor, die an der Spitze einen gewölbten Glaskörper besitzen und offenbar für Licht empfindlich sind. Trifft diese Stellen plötzlich ein starker Lichtreiz, so ziehen sie sich wie die Fühleraugen der Gartenschnecken schnell in die Haut zurück und verschwinden in einem Grübchen, so daß es aussieht, als schlössen sich die Augen. Sobald aber das Thier, die nächsten Gegenstände gleichsam absuchend, wieder den Kopf streckt, treten diese Papillen von Neuem hervor, und es scheint, daß es sogar in dem Vermögen des Thieres liegt, den lichtempfindlichen Krystallkörper an der Spitze stärker zu wölben oder abzuplatten, je nachdem es nähere oder fernere Gegenstände in Augenschein nimmt. Andererseits kann man, wenn man der Egellippe ein Stück Glas nähert, bemerken, wie die an ihrem Rande stehenden Augenwärzchen zunächst auch als Tastwärzchen benützt werden, so daß sie, wie Leydig sagt, mit ihren Augen den lichten Gegenstand gleichsam betasten. Er läßt es unentschieden, ob diese Augen nur im Stande seien, hell und dunkel zu unterscheiden, oder ob sie, wie aus dem Wandlungsvermögen des Glaskörpers wahrscheinlich wird, gleichzeitig auch die Form der Gegenstände wahrnehmen können.

Außer diesen einfachen Tastwärzchen mit lichtempfindlicher Spitze bemerkt man am Kopfe eine beschränktere Anzahl von zusammengesetzten Augen, von Glaskörperchen, die auf den Wandungen einer becherförmigen schwarzen Vertiefung liegen und früher für die alleinigen Sehorgane gehalten wurden. Man sieht hier die Anfänge des facettirten Auges der Insekten, wie des einfachen der meisten andern Thiere nebeneinander. Aber beim Blutegel scheinen diese „Tastaugen" noch einer dritten und vierten Empfindungsvermittlung zu dienen, der bei Wasserthieren meist verschmolzenen Geschmacks- und Geruchsempfindung. Es ist aus der ärztlichen Erfahrung bekannt, wie sehr empfänglich diese Thiere für Geschmacksempfindungen sind — man lockt sie durch Süßigkeiten zum Saugen — wie sie sich entschieden weigern, auf nicht ganz reinen, oder stark ausdünstenden Hautstellen anzubeißen. Nun finden sich aber keine andern mit Nervenausbreitungen versehene Höhlungen als jene durch Zurückziehung der Tastaugen entstandenen Grübchen, in der Nähe der Lippen, und da sie sich beim Ansaugen mit Blut füllen, so halten Claus und Ranke sie für ausgebildete Augen, die zugleich noch tasten und schmecken. Einzelne Sinnesorgane, wie der Tast- und Wärmesinn u. s. w., haben sich für immer an der Oberhaut niedergelassen, andere zogen sich in nach außen offene Gruben (Geruchs- und Geschmackssinn) oder in ganz abgeschlossene Höhlungen zurück, wie die edleren Sinne des Gesichts und Gehörs. Aber um das gleich hier auszusprechen, alle diese oft höchst zweckmäßig und wunderbar eingerichtet erscheinenden Sinnesorgane sind es erst durch sehr allmälige Anpassung geworden und treten, wenn wir sie bis zu ihren Anfängen ver-

folgen können, in höchst unvollkommener Gestalt auf. Das Auge ist anfangs meist nur ein dunkler gefärbter Fleck der Haut, der sich im Sonnenschein stärker erwärmt als seine Umgebung, das Ohr, ein Bläschen mit einem beweglichen Kalkkörnchen, welches die Schallwellen in Schwingungen versetzen können u. s. w. Auch läßt sich die für Idealisten sehr schmerzliche

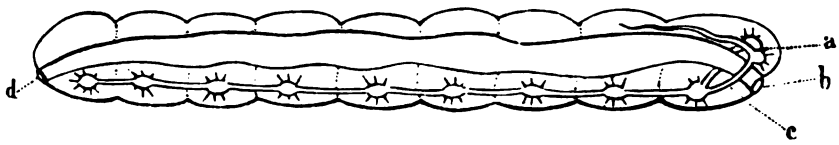


Fig. 155.
Nervensystem der Ringelwürmer (schematisch). a Kopfknoten, c Schlundring, bd Magenröhre, unterhalb welcher sich das Bauchmark hinzieht.

Thatsache nicht ableugnen, daß die Urnerven sich in ganz bestimmter und naher Beziehung zu den Ernährungswerkzeugen entwickelt haben. In der Welt der Würmer, wie in derjenigen der Pflanzenthiere, überall wo die ersten Spuren von Nerven auftreten, umgürten sie in höchst charakteristischer Weise den Schlund oder bilden in dessen Höhe ihre ersten Knötchen, als einstweilige Vertreter des Gehirns, begleiten später den Darmkanal in seiner ganzen Ausdehnung und bilden endlich jenen langen Strang, den man bei den Ringelwürmern, Tausendfüßern, Insekten, Krebsthieren und Spinnen als Bauchmark bezeichnet (Fig. 155). Uebrigens bildet sich schon bei niedern Plattwürmern eine fernere Arbeitstheilung unter den Nerven aus, indem von dem einfachen Nervenknoten (Gehirn g Fig. 156) centripetale Empfindungsnerven (s) zur Haut (h), zu den Fühlern (t) zu den Hörbläschen (o) und Augen (a) und centrifugale Bewegungsnerven (m) zu der unter der Haut liegenden Muskelschicht gehen. Man glaubt ein Schema des Nervensystems höherer Thiere vor sich zu sehen.

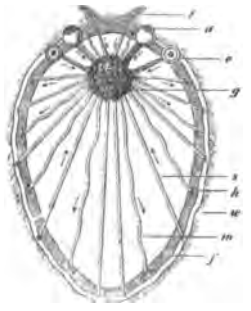


Fig. 156.
Nervensystem und Sinnesorgane eines Plattwurms (Turbellaria). w Wimperhaare.

Bei den niedersten Würmern, die auf unsere Zeit gekommen sind, fehlt noch, ebenso wie bei den Pflanzenthieren überhaupt, ein Gefäßsystem, in welchem eine aus dem Mageninhalt zubereitete Nahrungsflüssigkeit — Blut — kreisen könnte. Es kann bei den nächsten Nachkommen der Gastræa nicht anders gewesen sein, aber es war gewiß ein großer Fortschritt, als bei den etwas höher stehenden Würmern in der oben (S. 270) beschriebenen Weise eine vom Magen getrennte Leibeshöhlung sich ausbildete, in welche nunmehr nur der durch die Thätigkeit des Magens aus der Nahrung abgesonderte Saft, durch häutige Scheidewände filtrirt, eindrang und mit den

übrigen Geweben in Berührung trat, während vorher der gesammte Inhalt des Magens durch den Körper kreiste, um die Ernährung zu bewerkstelligen. Wir bemerken, daß der Gefäßapparat sich erst ausbildete, nachdem Magen, Ausscheidungsorgane (Nierencanäle u. s. w.) Muskel- und Nervensystem bereits angelegt waren, welche also die Würde eines viel höheren Alters in Anspruch nehmen dürfen. Anfangs war es nur eine wenig verästelte Höhlung im Körper, die den concentrirten Lebenssaft aufnahm, und in dieser einfachen Form besteht das Gefäßsystem, außer bei niederen Würmern, noch heute bei einigen Verwandten derselben, den Räder- und Moosthierchen, dann sonderten sich eine Bauch- und Rückenader mit immer mehr Querverbindungen, aber erst bei weiter entwickelten, den höheren Thieren nahestehenden Würmern, zeigen sich die Anfänge eines Herzens, welches eine vollkommenere Circulation des Blutes bewirkt, und eines besonderen Kiemenapparates, der es in unmittelbare Berührung mit der atmosphärischen Luft bringt, während bis dahin nur eine allgemeine Hautathmung stattgefunden hat. Schon längst war dem Munde die Verpflichtung, auch die Ausgangspforte des Körpers zu bilden, durch eine zweite, meist nach dem andern Körperpole verwiesene Oeffnung abgenommen worden, wobei wie erwähnt, der Urmund der Embryonalformen durch einen oft entgegengesetzt liegenden Nachmund ersetzt wird.

Es ist an dieser Stelle unmöglich, auf die vielen Abtheilungen des Würmerreiches einzugehen, bei denen eine solche Mannigfaltigkeit nach allen Richtungen hervortritt, daß es recht schwer sein würde, eine für alle Anverwandte gleichmäßig passende Erklärung des Wurmbegriffs zu geben. Welcher, ein jedes nähere Eingehen von selbst verbietender Reichthum der Formen und Färbungen, Größen und Lebensweisen, von den mikroskopischen Kleisterälchen und Räderthieren, deren Eintrocknen und Wiederaufleben oben (S. 144—147) geschildert wurde, zu den bisweilen über hundert Fuß Länge erreichenden Nemertinen, von den blattartig ausgebreiteten, im Meere und auf Bäumen lebenden Planarien, zu den dicken runden Sternwürmern, von den festgewachsenen Moosthierchen und Armwürmern zu den flinken Naïden, von den mißfarbenen Eingeweidewürmern zu den prachtvoll gefärbten Borstenwürmern, zumal der in Gold- und Edelsteinglanz schimmernden Seeraupe! Man muß eben bedenken, daß sich nach den Ansichten der neueren Zoologie sämmtliche übrigen Thierklassen, mit Ausnahme der Pflanzenthiere, aus wurmähnlichen und wurmverwandten Anfängen herleiten lassen. Die Ursache aller dieser Mannigfaltigkeit sucht man mit vieler Wahrscheinlichkeit in der Anpassung der Ahnen unserer heutigen Würmer an sehr verschiedenartige Lebensbedingungen, die nach und nach den Körperbau der einzelnen Gruppen so sehr verändert haben, daß es schließlich fast unmöglich wird, den Ausgangspunkt sicher zu erkennen.

Eines der einfachsten und lehrreichsten Beispiele hiervon bietet das im Würmerreich zu einer gefährlichen Ausbildung und Ausbreitung gelangte

Schmarotzerthum, die Gewohnheit, auf Kosten anderer Wesen zu leben. Man findet es bei den niedersten und bei den höchsten Würmern, den Aristokraten ihres Stammes, ausgebildet und die schlimmsten unserer eigenen inneren Plagegeister — man denke nur an Trichinen und Bandwürmer — entstammen ihren Reihen. Die Stellung der Parasiten in der Schöpfung ist immer ein mißliches Kapitel für die Teleologen gewesen, welche in ihnen zur Plage ganz bestimmter Mitgeschöpfe erschaffene Wesen sehen mußten, die den Gerechten und den Ungerechten befallen und unter Umständen ohne Gnade fällen, und oftmals hat man die Familie Noahs beklagt, die eine erhebliche Summe von Plagen unter eigenen Schmerzen auf die Nachwelt vererbt zu haben schien. Die neuere Weltanschauung findet weniger Schwierigkeit, sich diese häßlichen Zugaben des Daseins zurechtzulegen, und besonders bei den Würmern vermag man sich ziemlich leicht zu erklären, auf welchem Wege so viele ihrer Angehörigen zu Schmarotzern wurden. In allen Abtheilungen des vielgestaltigen Wurmreichs findet man noch jetzt freilebende Würmer, die nur gelegentlich, sei es ihre Mitwürmer, oder lieber Inhaber besseren Blutes schröpfen, indem sie sich für einige Zeit an ihrem Körper festsaugen, eine Wunde schlagen, oder sich auch wohl gleich ein wenig einbohren. Wer A gesagt hat, wird auch B sagen, und der schlanke Körper ist ihnen ebensosehr eine natürliche Verführung als eine Entschuldigung, daß sie sich so gern in fremde Körper einbohren und einschlüpfen. Würmer, die sich in der Mundhöhle oder in den Kiemen von Wasserthieren festgesetzt haben, gelangen auch gelegentlich tiefer, und lassen es sich in der Gefangenschaft wohl gefallen. Glücklicherweise einer Sippschaft entstammend, bei welcher der Hermaphroditismus noch ziemlich allgemein ist, erzeugten sie in ihrem „fidelen Gefängniß" eine unendliche Nachkommenschaft, die nach einem kurzen Leben voll Mühe, wie richtige Vagabonden nun schon um so sicherer nach ihrem Gefängniß zurückstrebt.

Die Einfachheit ihrer Organisation erlaubte namentlich den niedern Würmern, die es noch zu keiner gesonderten Leibeshöhle gebracht haben, in großer Schaar sich dem Schmarotzerleben zu widmen. Die Saugwürmer (Trematoden), von denen mehr als ein halbes Tausend verschiedener Arten beschrieben wurden, sind sämmtlich dem Parasitismus verfallen, und sie schmarotzen entweder außerhalb oder innerhalb des Körpers fremder Thiere (Ekto- und Endoparasiten) und sind höchstens in ihrer Jugend- oder Larvenzeit frei im Wasser lebende Thiere, die dann ganz bestimmte Klassen von Opfern befallen, um von ihren Säften zu zehren. Sie sind gewöhnlich mit mehreren Saugscheiben versehen, deren vorderste den Mund umschließt, mit denen sie sich an ihren „Wirthen" festsaugen, und auf diese an verschiedene Körperstellen vertheilte Saugscheiben, nicht auf eine wirkliche Mehrheit von Mundöffnungen beziehen sich die Gattungsnamen Einmund (Monostomum), Zweimund (Distomum), Doppelmund (Amphistomum), Dreimund (Tristomum), Viermund (Tetrastomum), Viel-

mund (Polystomum) von Würmern, die sich als Wirthe Thiere aller Klassen, von den Pflanzenthieren und ihres Gleichen an bis zu Weichthieren, Krebsen, Insekten, Fischen, Amphibien, Reptilen, Vögeln und Säugern erkoren, und dadurch wohl ihre Vielgestaltigkeit erlangt haben. Der große Schmarotzerforscher J. van Beneden hat sie in zwei Klassen getheilt, in Saugwürmer mit einfacher Verwandlung (Monogenea), die als Ektoparasiten auf Haut und Kiemen von Wasserthieren schmarotzen, und Saugwürmer mit Generationswechsel (Digenea), die mit ihren Wirthen wechseln und als Endoparasiten auch in die Körper höherer Thiere einwandern. Die Saugwürmer beider Abtheilungen sind sogen. Wechselzwitter, d. h. sie müssen sich gegenseitig befruchten, obwohl jedes Individuum männliche und weibliche Organe (mit getrennten Ausgängen) besitzt. Die der ersteren erzeugen wenige große, hartschalige Eier mannigfacher Gestalt mit allerlei fadenförmigen Auswüchsen, mit denen sie an fremden Körpern festsitzen, die der zweiten zahlreiche kleine Eier mit umständlicher Entwicklung. Wir müssen uns hier begnügen, aus jeder Abtheilung ein Beispiel vorzuführen.

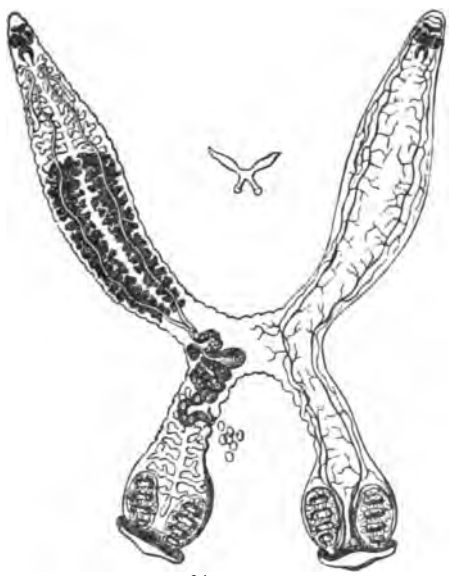


Fig. 157.
Diplozoon paradoxum Nordmann.
In natürlicher Größe und vergrößert. Die Abbildung schematisirt, um in der linken Hälfte den verästelten Darm und die Generationsorgane, rechts das exkretorische Gefäßsystem zu zeigen.

Das auf den Kiemen zahlreicher Süßwasserfische, besonders Karpfenarten schmarotzende Doppelthier (Diplozoon paradoxum Fig. 157) stellt ein wirkliches Unikum im Thierreiche dar. Aus dem mit einem langen, peitschenschnurartigen Faden versehenen Ei geht ein Saugwurm hervor, der zwei vordere Saugnäpfe, und am hintern Ende zwei ovale Scheiben mit je vier Saugnäpfen besitzt. Diese von Dujardin unter dem Namen Diporpa beschriebenen Saugwürmer verwachsen später paarweise in Gestalt eines Andreaskreuzes miteinander und bilden das geschlechtsreife Thier, dem der Entdecker dieses Vorganges, Nordmann, den obigen neuen Namen beilegte.

Viel gewundener ist der Lebenslauf der zweiten Saugwürmergruppe (Digenea), der oft einem Abenteurer-Romane gleicht. Gehen wir von dem gemeinen Leberwurm (Distomum hepaticum) aus, der sich in den Lebern der verschiedensten Weidethiere einnistet, und in feuchten Jahren

namentlich die Schafe in großer Zahl befällt, so haben wir einen kurzen, gedrungenen Wurm mit Mund- und Bauchsaugnapf vor uns, ähnlich dem hier dargestellten Doppelmund (**Distomum macrostomum** Fig. 158) aus dem Darm der Singvögel. Die zahlreichen Eier dieser Doppelmundarten, die eine artenreiche Sippschaft von Plagegeistern für allerlei Gethier bilden, gelangen mit dem Kothe ihrer Wirthe ins Freie, entwickeln sich, wenn sie vom Regen in Wasseransammlungen geschwemmt werden, zu rings umwimperten freischwimmenden Larven, die dann von Schnecken oder Süßwassermuscheln aufgenommen werden, und zwar giebt für den gemeinen Leberegel gewöhnlich eine kleine Sumpfschnecke (**Limnaea minuta**) den „Zwischenwirth" ab. In ihm wächst die Larve unter Verlust des Wimperkleides zu einem länglichen Keimschlauch (Sporocyste) heran, der ohne voraufgehende Befruchtung, also durch sogenannte Jungferngeburt (Parthenogenesis) in eine ganze Anzahl neuer Keime zerfällt.

Fig. 158.
Distomum macrostomum.
36fach vergrößert. Nach Zeller.

Man nennt diese mit junger Brut erfüllten Keimschläuche auch „Ammen", und in unserem Falle, wo ihre Säuglinge nochmals zu Keimschläuchen auswachsen, sogar „**Großammen**". Es läuft dies, wie man sieht, auf eine ungeheure Vervielfältigung der Keime hinaus, die, wenn es einmal solche Eingeweidewürmer geben muß, nöthig wurde, weil immer nur ein kleiner Theil dieser in die Welt hinausgestreuten Keime des Unheils Aussicht hat, in den ihm „bestimmten" Wirth zu gelangen und in ihm Geschlechtsreife zu erreichen. Die letzten Abkömmlinge dieser Großammen und Ammen, die **Schwanzthierchen** (Cerkarien) zeigen die Gestalt mikroskopischer Froschlarven (Kaulquappen), an denen man bereits die beiden Saugnäpfe und den gegabelten Darmcanal wie in Fig. 158 bemerkt. Sie wandern sodann aus dem ausgesogenen Zwischenwirth aus, schwimmen eine Zeitlang frei im Wasser, werfen den Ruderschwanz ab und kapseln sich nun entweder (z. B. die unseres gemeinen Schafegels) an Pflanzen ein, mit denen sie später gefressen werden, oder wandern von Neuem in Wasserthiere (Schnecken, Muscheln, Krebsthiere, Insektenlarven, Fische, Amphibien u. s. w.) ein, um dort zu bleiben, und ihre fröhliche Auferstehung im Magen eines fleischfressenden Wirbelthieres zu feiern, das den zweiten Zwischenwirth verzehrt hatte. Däumlings Wanderungen durch Kuh- und Wolfsmägen bleiben das reine Kindermärchen gegen diese Zweimund-Wanderungen und man kann sich vorstellen, welche unsagbare Mühe und Geduld die van Beneden, Leuckart, Küchenmeister und so viele andere Wurmforscher aufzuwenden hatten, um hinter alle diese dunklen Schleichwege zu kommen, und Rathschläge zu ertheilen,

wie der Mensch sich und seine Hausthiere nach Möglichkeit vor diesen im Verborgenen auf ihn lauernden Feinden schützen kann. Erst in dem letzterwähnten Herbergsvater, dem Hauptwirthe, der meist ein Vogel oder Säugethier ist, wächst der vielwandernde Zweimund zu dem geschlechtsreif werdenden Peiniger der höheren Thierwelt heran, der selbst dem Menschen zuweilen das Schicksal des Prometheus bereitet. Von da beginnt der Kreislauf von Neuem.

Fig. 159. Bernsteinschnecke (Succinea) mit Leucochloridium behaftet.

Man bezeichnet diese Verwandlungen und Abwechselungen geschlechtlich erzeugter, mit vegetativ durch ungeschlechtliche Sprossung entstehenden Thierfolgen (Generationen) als Generationswechsel oder Metagenese und kann sich hier leicht vorstellen, wie das Schicksal eines Schmarotzers, gelegentlich von einem Raubthier verschlungen zu werden, diese Wandlungsfähigkeit des Körpers erzwungen hat. An sich verschlägt eine solche Katastrophe vielleicht dem Schmarotzer wenig, der klein genug ist, den Zähnen des Raubthiers zu entwischen und, wie Kleindäumling, zwischen den Schneiden des Wiegemessers durchzuhüpfen, und sich in den innern Leibeshöhlungen zurechtzufinden weiß, aber wenn der erste Wirth ein Pflanzenfresser war, muß er in dem Raubthiermagen vielleicht ein ganz anderer werden, nachdem er schon in dem ersten seine ursprüngliche Natur völlig umgeformt und abgestreift hatte. Oft ist die aus dem Ei kommende erste Larvenform noch mit höhern Abkunftszeichen (Sinnesorganen) versehen, als die spätere, für welche die Entwicklung von Saug- und Haftorganen gewiß wichtiger ist, als selbst rudimentäre Sinnesorgane. Zuweilen treten selbst Verführungskünste ins Spiel und der für gewöhnlich unversehens mitverschluckte Keim oder Keimsack verwandelt sich in eine Art „Trichinenwurst", ein höllisches Blendwerk, welches die Mutter Natur einem ihrer Kinder unter der appetitlichsten Maske darbietet.

Eine solche raffinirte „Naturlist" entdeckte, ohne sie zu durchschauen, der Leipziger Zoologe Carus zuerst 1835 auf einer Elbinsel an Bernsteinschnecken (Succinea amphibia), die ihren Namen den bernsteingelben durchsichtigen Gehäusen verdanken, durch die man ihre federförmigen Kiemen deutlich hindurchschimmern sieht. Bei Beobachtung dieser zolllangen, auf den Wiesenpflanzen der Grabenränder weidenden Thurmschnecken bemerkte er einzelne Exemplare, deren sonst dünne Fühler zu dicken grün und weiß gebänderten, vorn braun marmorirten Keulen aufgetrieben waren, als wären ein paar kleine, grünbunte Räupchen eingeschlüpft und machten da ihre Kapriolen (Fig. 159). Carus taufte den aus den Fühlern herauspräparirten „Wurm" Leucochloridium paradoxum, was man etwa als „wundersamer weißgebänderter Grünling" übersetzen kann, ohne zu

wissen, was er daraus machen sollte, bis dann E. von Siebold 1853 seine Aehnlichkeit mit dem Keimsack der Zweimund- (Distomum-) Arten erkannte. Aber erst später (1874) gelang es E. Zeller, den Zusammenhang zu enträthseln und in der für einen Eingeweidewurm doppelt befremdlichen bunten Erscheinung — sonst sind solche Würmer, ihrem finstern Aufenthalte gemäß, farblos oder mißfarbig — einen merkwürdigen Fall sogenannter Mimikry zu erkennen. Zeller schloß aus der grünbunten Madengestalt dieser Keimsäcke alsbald, daß das Blendwerk auf raupenfressende Singvögel „berechnet" sein müsse, die mit Vorliebe grüne und grünbunte Räupchen fressen, während sie grellgefärbte, roth- und gelbbunte verschmähen. Er stellte deshalb Versuche mit Bachstelzen, Grasmücken, Rothkehlchen und ähnlichen Singvögeln an, denen er theils die Schnecke mit den bunten, zuckenden Hörnern vorhielt, theils die abgeschnittenen Leukochloridien mit Mehlwürmern gemengt vorsetzte. Sie griffen nicht nur sogleich begierig zu, sondern suchten den bunten Wurm sogar unter den Mehlwürmern, die sie doch sonst recht gern fressen, als besondere Delikatesse zuerst heraus. Nachheriges Schlachten der armen Opfer ihres Gelüstes erwies, daß sich der Inhalt des Ammenschlauchs nach etwa sechs Tagen zu dem im Darm der Singvögel schmarotzenden, schon früher bekannten großmäuligen Doppelmund Distomum macrostomum Fig. 158 ausgebildet hatte. Die im Keimsack steckenden Larven besitzen daher auch keinen Schwimmschwanz, wie andre Doppelmund-Larven (Cerkarien), weil sie nicht erst ins Wasser zu gehen brauchen, sondern unmittelbar und sogar mit Gewalt dem Zwischenwirth vom Hauptwirth entrissen werden.

Den weitern Verlauf ermittelte A. Heckert vor etwa zehn Jahren durch den Nachweis, daß die mit dem Vogelkoth abgehenden Eier nicht ausschlüpfen, sondern direkt von den Schnecken verzehrt werden. Im Magen der bald darauf geschlachteten Schnecken wurden die jungen Larven schon nicht mehr vorgefunden; an Kopf und Schwanz mit spitzen Anhängen versehen, bohren sie sich nach kurzem Aufenthalt durch die Magenwände, um sich in den benachbarten Organen anzusiedeln. Sie wachsen, auch darin von den Artgenossen abweichend, im Schneckenleibe nicht zu den gewöhnlichen ungegliederten Keimsäcken der Distomen heran, sondern zu einem strauchförmig verästelten Gebilde (Fig. 160), dessen Zweigspitzen anschwellen und zu den bunten Keimschläuchen auswachsen. Die beiden ältesten Schläuche verlängern sich, bis sie in die beiden großen Fühler der Schnecke hineingewachsen sind, aus denen sie von den Singvögeln herausgerissen werden, weil ihre Bewegungen und die bunten, durch die dünne Fühlerhaut schimmernden Farben sie als Raupen erscheinen lassen.

Allem Anschein nach entwickelt sich übrigens der Inhalt der Keimschläuche nur im Magen jüngerer Vögel weiter; es gehen demnach viele Keimschläuche ohne Nachkommenschaft zu Grunde. Diese Verluste werden aber dadurch wieder ausgeglichen, daß die strauchförmig verzweigte Ammen-

Generation im Leibe der Bernsteinschnecke mehrere Jahre hindurch am Leben bleibt und immer neue Schläuche erzeugt. Da nun die Schnecken ebenfalls ein zähes Leben und, wie wir oben (S. 159) sahen, ein sehr starkes Regenerationsvermögen besitzen, so ergänzen sich die ihnen abgerissenen Fühler zu wiederholten Malen von Neuem und werden jedesmal wieder mit dem gleißenden Inhalt neu hineinwachsender Keimschläuche erfüllt. Wer weiß, wie oft sich dieses grausame Spiel unter günstigen Umständen wiederholen mag. Wir haben diesen Fall so eingehend betrachtet, weil sich in ihm eine der wunderbarsten Anpassungen und Ausnützungen gegebener Verhältnisse darbietet, die sich die Phantasie irgend ersinnen kann. Man braucht nur darauf seine Aufmerksamkeit zu richten, wie weit sich die Lebensgeschichte dieses Schmarotzers von der seiner nächsten Verwandten entfernt hat, um zu erkennen, wie rücksichtslos ein solcher Wurm, dem alle Vortheile gelten müssen, seinen Weg zum Ziele gefunden hat, wie dabei alle Zähllebigkeit der Schneckennatur, alle Schwächen des Vogelherzens, das nun einmal so einem zartgefärbten zappelnden Bissen nicht widerstehen kann, ausgenützt wurden.

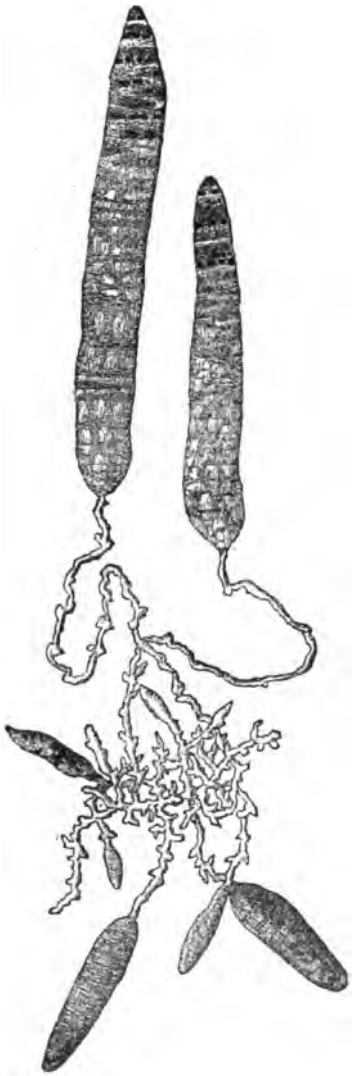


Fig. 160
Der aus der Schnecke herauspräparirte Ammenstock von Distomum macrostomum, mit ältern und jüngern Keimschläuchen, von denen die ältesten in die Schneckenfühler dringen. 125 mal vergrößert.

Man kann freilich auch sagen, alle diese täuschenden Errungenschaften waren ihm nöthig, denn die Art konnte sich allem Anscheine nach nur dadurch erhalten, daß sie solche Listen ausprobirte. Trotz aller Künste sind nämlich mit den Keimschläuchen behaftete Bernsteinschnecken nicht gerade häufig. „Aber war es denn", fragt der Teleologe, „so unbedingt nöthig, daß diese Höllenbrut, die doch höchstens in den Augen der Darwinianer und der Schüler Schopenhauers einen gewissen Werth besitzt, überhaupt am Leben blieb? Würde mit seinem Untergang die Kette der

Schöpfungswunder irgendwie zerrissen? Bedurfte es noch solcher Beweise für die Rücksichtslosigkeit des Kampfes ums Dasein? Zu ähnlichen Zweifeln, Gewissensbedenken und Betrachtungen führt auch ein Blick auf die Familie der Bandwürmer oder Cestoden, die zu den schlimmsten Plagegeistern von Mensch und Thier gehören, und für deren Daseinsberechtigung die Optimisten nur schwache Trostgründe beizubringen wußten, so daß die Theologen ihren Ursprung am liebsten dem Teufel zugeschrieben hätten. Wie man den Krankheits-Bakterien nachgerühmt hat, daß sie widerstandsfähige Rassen züchten, so kann man den Eingeweidewürmern allenfalls nachsagen, daß sie allzu unreinliche Rassen decimiren, und Reinlichkeitsgebote, wie auch die Vorschriften des Moses gegen Schweinefleischgenuß, veranlaßt haben. Die Entwicklungslehre ist wohl die einzige philosophische Richtung, die sich mit dem Dasein dieser Plagegeister abfinden kann, ohne sich darüber in religiösen oder andern Zweifeln an Weltvernunft u. dergl. aufzureiben.

Als den Wirth wechselnde Parasiten, deren Junge immer nur zu einem winzigen Procentsatze Aussicht haben, ihr Ziel zu erreichen, müssen auch die Bandwürmer eine ungeheure Fruchtbarkeit entwickeln, um die Verluste auszugleichen, und ihre bequeme Ernährungsweise bietet ihnen die Mittel dazu. Hierbei kam ihnen aber noch eine andere Eigenthümlichkeit des Wurmkörpers zu statten. Die einseitige Längsausdehnung desselben forderte gewissermaaßen zur besseren Verwaltung und Versorgung der einzelnen Theile einen Ausgleich durch Theilung in zahlreiche gleichwerthe Querstücke (Metameren), wie wir sie bereits bei niederen Wurmformen angedeutet, am vollständigsten durchgeführt aber erst in der Abtheilung der Ringelwürmer finden, zu denen Regenwurm und Blutegel gehören. Bei diesen Würmern ist es oft fast nur der Kopftheil, der eine besondere Organisation besitzt, sofern sich an ihm Mund und Freßwerkzeuge, Fühler und Sinnesorgane localisirt und ihn zum führenden und für alle nachfolgenden Glieder sorgenden Theil gemacht haben. Die Zahl der letzteren pflegt daher auch in keiner Weise bestimmt oder begrenzt zu sein, man kann sich den Wurmkörper hinten immer weiter sprossend denken, wie eine jener Pflanzen, die in derselben Richtung immer neue und neue Glieder treiben, und für alle diese nachgeborenen Theile mußte der einzige Mund die Nahrung schaffen, bis er es nicht mehr vermochte, und damit das Wachsthum in's Ungeheure begrenzte. Es ist möglich, daß sich in einer gewissen Schöpfungsperiode dieser Vorgang in Ausbildung ungeheuer langer Wurmformen geäußert hat, von denen uns aber wegen ihrer Skelettlosigkeit wenig Spuren geblieben sind. In der That kennt man schon aus den ältesten kambrischen und silurischen Schichten Abdrücke außerordentlich langer, Ringelwürmern gleichender Wesen, wie z. B. Fig. 30 ein solches zeigt. Aber diese vermeintlichen Wurmabdrücke sind bisher immer ohne Kopf gefunden worden, weshalb sie einige Naturforscher für Algen, andre mit noch größerer Wahrscheinlichkeit für Abdrücke von Krebs- oder Wurmspuren

ansehen. Ihre oft ansehnliche Länge wäre offenbar kein Beweis gegen ihre Wurm-Natur, denn bei ausreichender Nahrung hat diese Art von Gliedersprossung keine Grenzen, wie wir an den immerhin mit den Metameren höherer Würmer vergleichbaren Sproßketten der Bandwürmer (Fig. 161) sehen, welche mitunter hunderte von Fußen lang werden. Bei ihnen wandert der, in der Regel im Fleische eines anderen Thieres zur Ausbildung gekommene, sogenannte Kopf oder Skolex in den Magen eines Fleischfressers; die Gliedstücke enthalten aber hier, da das Thier nur zubereitete Nahrung aufnimmt und im Ueberflusse findet, nichts als Fortpflanzungswerkzeuge und -Producte, die sich bei ihrer Reife von der Sproßkette trennen, wodurch sie den Eindruck selbständiger Personen machen und von vielen Naturforschern auch so aufgefaßt werden.

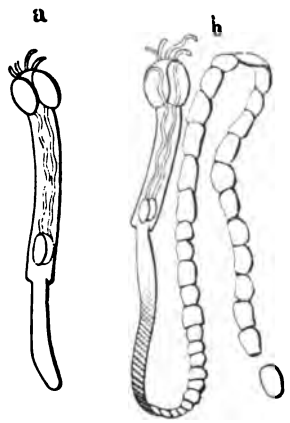


Fig. 161.
a Kopf (Skolex) eines Eingeweidewurms, b derselbe mit nachsprossenden Endgliedern.

Die Sproßketten der Bandwürmer erwecken, indem sie an das Sprossen höherer Ringelwürmer erinnern, den Eindruck, als ob diese Thiere den Verlust ihrer Leibeshöhle und andere niedere Organisationsverhältnisse erst ihrer schmarotzenden Lebensweise verdanken. In Wirklichkeit erheben sie sich nur sehr wenig über die Saugwürmer, von denen sie z. B. ihre Haftorgane geerbt zu haben scheinen. Der Kopf erinnert lebhaft an die Larven (Cerkarien) derselben. Allerdings übt die neue Lebensweise einen großen Einfluß auf die Organisation der Wesen, die sich ihrer Freiheit und Selbständigkeit begeben und einem faulen Schmarotzerthum widmen. Alle solche Thiere (und in ähnlicher Weise auch derartige Pflanzen), verlieren in Folge dieser Lebensweise gewisse äußere und innere Fähigkeiten und Erwerbungen ihrer durch eigene Anstrengung lebenden Vorfahren; ihre Körperfarbe wird matt und mißtönig, die Bewegungs- und Sinnesorgane bilden sich bis zum vollkommenen Verschwinden zurück, selbst Magen und Verdauungswerkzeuge werden einfacher und verschwinden zuweilen vollständig, kurz, das Thier scheint, statt wie andere Wesen in seiner Entwicklung vorwärtszuschreiten, immer tiefer in seiner Organisation zu sinken. Recht merkbar wird das zwar erst, wenn sich bereits weiter in ihrer Körperbildung fortgeschrittene Thiere, wie z. B. Schnecken, Krebse, Insekten, Fische — höher hinauf im Thierreiche kommt eine solche Erniedrigung nicht vor — dem Binnenschmarotzerthum widmen. Man pflegt ihren Verlust der Sinnes-, Bewegungs- und andrer Organe sowie der Gesammthöhe ihrer Organisation als rückschreitende Metamorphose zu bezeichnen. Der Name erscheint berechtigt, weil das junge Thier

dann im Allgemeinen vollkommener organisirt ist, als das ältere, aber man darf nicht vergessen, daß dieser Begriff relativ ist, und daß der Parasit für seine neue Lebensweise wirklich vollkommener organisirt ist, als das

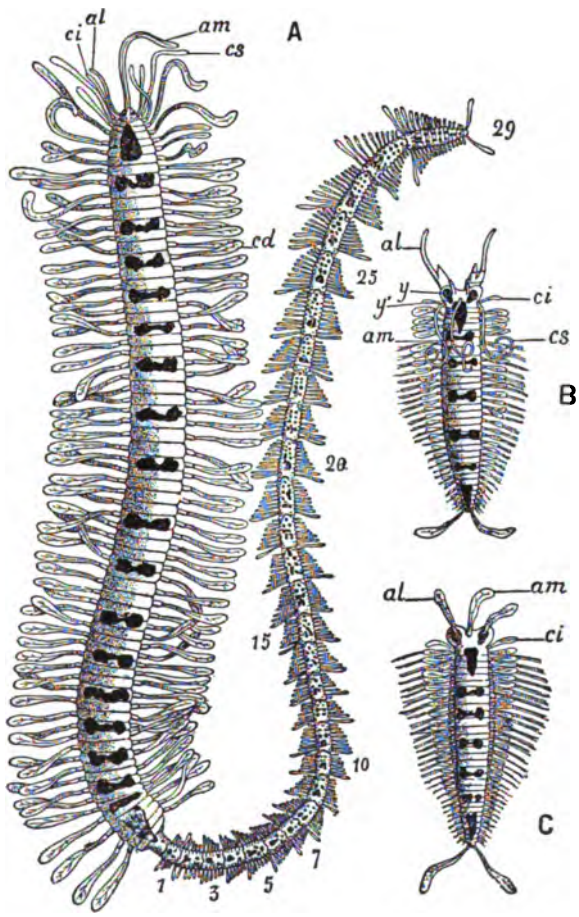


Fig. 162.

A Myrianida mit einer Kette von 29 Sprossthieren (1—29), die sich trennend theils Männchen (B), theils Weibchen (C) werden, während das Mutterthier (die sog. Amme) geschlechtslos bleibt. y, y' Augen, die zu einem Paar Doppelaugen verschmelzen, am unpaarer Mittelfühler, al paarige Seitenfühler, ci, cd, cs Fühlcirren. (Nach Perrier, Colonies animales.)

wandernde Jugendthier, welches den freilebenden Ahnen gleicht, daß er gewisse zweifellose Vortheile erlangt haben wird, als z. B. vorzüglichere Saugwerkzeuge, Hakenkränze zum Festhalten u. A. Auch mag er seine Lage im Allgemeinen verbessert haben, denn man weiß, daß Eingeweidewürmer mit ihren Wirthen unter Umständen ein Alter bis zu zwanzig

Jahren erreichen, wie es einem frei lebenden Wurm nur selten beschieden sein dürfte.

Noch bei den höchststehenden Ringelwürmern, den Borstenwürmern (Chätopoden) kommt ein derartiges Fortsprossen des Körpers vor, namentlich in den Familien der Euniciden und Syllíden. Bei Myrianida (Fig. 162) nimmt es die Form eines Generationswechsels an. Vor den Endabschnitten entstehen durch Knospung Gruppen neuer Segmente, deren vorderstes sich zu einem Kopfe umbildet. Indem nun zwischen dem letzten Segmente des Ammenthieres und dem neugebildeten Kopfe sich wieder neue Segmente einschieben, von denen das vorderste zum Kopfe wird, und dieser Vorgang sich noch vielfach wiederholt, entsteht eine Kette von Geschlechtsthieren, die durch Paarung eine neue Ammengeneration erzeugen.

Fig. 163.
Palolowurm mit 2 Endstücken, von denen das eine früher für den Kopf gegolten hatte.

Mit einem geheimnißvollen Dunkel war bis vor Kurzem ein ähnlicher Vorgang bei dem Palolowurm (Lycidice viridis Fig. 163) umgeben. Wie schon der alte Rumphius mit Erstaunen berichtet, wimmelt zu einer genau bekannten Zeit (bei Eintritt des letzten Mondviertels im Oktober oder November oder auch an beiden Tagen) an bestimmten flachen Stellen gewisser Korallen-Inseln der Südsee (namentlich bei den Samoa-, Tanga-, Viti- und Gilbert-Inseln) das Meer in den Morgenstunden vor Sonnenaufgang plötzlich von langen dunkelgrünen bis indigblauen kopflosen Würmern auf, die in Menge gefangen und als Delikatesse verzehrt, zu einem Feste der Insulaner Anlaß geben und nach wenigen Stunden auf Jahresfrist völlig verschwunden sind. Die mit den männlichen und weiblichen Geschlechtsproducten erfüllten Abschnitte des Wurmkörpers haben sich dann, dieselben entleerend, von einander getrennt und sind zu Boden gesunken. Erst in den letzten Jahren ist das mit einem mittleren unpaaren und zwei Paar seitlichen Fühlern versehene, viel breitere Kopfstück von Friedländer und Thilenius entdeckt worden, weil es in den Spalten

der Korallenriffe verborgen bleibt, und jährlich zur genau umschriebenen Zeit die Geschlechtssegmente abstößt. Der Zusammenhang des Erscheinens mit der Mondphase wird als so eng geschildert, daß auch in einem Eimer mit Seewasser, in welchem sich Korallenstücke mit Palolowürmern befinden, die Hinterenden zur selben Stunde, wie im Meere hervortreten sollen. Tritt das letzte Mondviertel am Morgen eines bestimmten Tages ein, so ist der diesem vorhergehende Tag der Haupttag, und stets sind an den letzterem vorangehenden und nachfolgenden Tagen immer nur wenige Palolos vorhanden. 'Die Ursache dieses Zusammenhanges der Abstoßung mit dem Mondviertel ist zur Zeit noch völlig dunkel.

Fig. 164.
Geöffneter Blutegel, um die jedem Querstück zukommenden Magensäcke, Nervenknoten, Geschlechts- und Absonderungs-Organe zu zeigen.

Diese Fälle zeigen uns, wie die Segmente der Würmer durch Sprossung entstehen, aber während sie bei ihnen wesentlich der Vermehrung und Fortpflanzung dienen, ähnlich wie wir in Fig. 149 die Medusenlarve sich durch Segmentation in viele Scheibenquallen theilen sahen, so ist sie bei andern Ringelwürmern mit begrenzter, nicht nachsprossender Ringzahl mehr eine Verwaltungseinrichtung. Sie ist überhaupt im Thier- und Pflanzenreiche ein Vorgang von großer Verbreitung, der unter andern seine Seitenstücke in der Knotenstückbildung der Pflanzenstengel und in der Gliederbildung der Meerlilienstiele und -Arme sowie in der Wirbel- und Rippenbildung der Wirbelthiere findet, deren Zahl sich bei manchen Fischen, Amphibien, Schlangen außerordentlich stark über die Mittelzahlen erhöhen und vermindern kann. Es ist daher auch vollkommen haltlos, darum von einer Verwandtschaft von Ringelwürmern und Wirbelthieren sprechen zu wollen, weil beide Metamerenbildung zeigen. Einander wirklich homolog sind nur die Segmente der Insekten, Spinnenthiere, Krebse, Ringelwürmer und vielleicht diejenigen gewisser Räderthierchen, die den Larven der Ringelwürmer und Krebsthiere oft sehr ähnlich sind.

Im Ganzen zeigt die Segmentbildung den Charakter einer Wiederholung des vorher entstandenen Querstückes, und auch bei den nicht mehr nachwachsenden Ringelwürmern, den einer zur höheren Einheit verbundenen Sproßkette. Betrachten wir einen geöffneten Blutegel (Fig. 164), so sehen wir, wie jeder Abschnitt sein eigenes Magen-, Gefäß-, Nerven-, Fortpflanzungs- und Absonderungs-System ausgebildet hat, auch die Nierenkanäle (S. 269) kehren in jedem Stück wieder, ja in vielen Fällen besitzt es seine

eigenen Athmungs- und Bewegungsorgane, in einzelnen sogar seine besonderen Sinnesorgane: Fühler und ein Paar unvollkommener Augen. Selbst seine Nervenringe hat jedes Stück für sich, nur der Mund und der Hauptnervenring sind dem Kopfstück vorbehalten, das als einziger gemeinsamer Theil für die Herbeischaffung der Nahrung sorgt und nur die Zubereitung und Verarbeitung derselben den einzelnen Querstücken überläßt. Man hat daher solche aus dem Gesammtorganismus herausgeschnittene, die meisten Organe enthaltenden Querstücke lange Zeit, manchmal jahrelang fortleben, neue Köpfe und Schwänze bilden sehen, ähnlich einem Pflanzensproßstück, dem man Feuchtigkeit und Nahrung bietet. Immerhin sind im Wurmkörper die, wenn auch ihrer Zahl nach wechselnden Querstücke, welche, weil sie alle Lebensorgane in Wiederholung besitzen, ziemlich selbständig sind, durch den Kopf enger zum Individuum verschmolzen, als die sogenannten Internodien, d. h. die zwischen zwei Knoten eingeschlossenen Sproßtheile des Pflanzenstammes. Es war eben ein neuer Anlauf der Natur, statt wie in den einfachsten Organismen bloße Zellen, hier Querstücke, deren jedes ganz wohl einen selbständigen Organismus darstellen könnte, zu einem Ganzen aneinander zu reihen, wodurch das werthvolle Rohmaterial zu einer später erfolgenden weiteren Arbeitstheilung geschaffen wurde.

Zahlreiche Arten von Ringelwürmern, deren häufigster und bekanntester Vertreter der gemeine Regenwurm ist, haben sich an das Leben in feuchter Erde gewöhnt, und durchwühlen sie in allen Richtungen, um sich von den organischen Beimischungen derselben zu ernähren. Ch. Darwin, dem die Beobachtung der stillen Thätigkeit der Regenwürmer seit langen Jahren zu einer Lieblingsbeschäftigung geworden war, hat in seinem letzten Werke zu zeigen gesucht, daß die in vielen Bodenarten zu einer ungeheuren Zahl anwachsenden Würmer sowohl in geologischer Beziehung als besonders für die Fruchtbarkeit des Bodens wichtige Wirkungen hervorbringen. Einerseits führen sie dem Boden bedeutende Mengen Dungstoff zu, indem sie die welken Blätter des Herbstes mit großem Geschick in ihre Löcher ziehen und verzehren, dann aber bringen sie die tieferen Schichten des Bodens beständig nach oben, indem sie sich senkrecht einwühlen, dabei die Erde durch ihren Körper gehen lassen und sie in Gestalt wurmförmiger Massen, mit stickstoffhaltigen Auswurfsstoffen getränkt, über ihren Gangmündungen anhäufen. Sie bewirken dadurch gleichzeitig ein allmäliges Bedecken und Sinken der obern Schicht in die Tiefe, indem sie die Oberfläche mit immerfort aus der Tiefe emporgebrachten Erdtheilen überschütten, und haben so im Laufe der Jahrhunderte die Bergung verlorener Münzen und Kunstgegenstände, ja ganzer Steinmonumente und Mosaikfußböden bewirkt, freilich auch Mauern, deren Fundamentirung nicht tief genug war, zum Sinken gebracht, indem sie mit ihren Gängen unter den Fundamenten hindurchgingen. Dadurch, daß sie beständig bewegliche Massen an die Oberfläche brachten, und der Wirkung von Wind und Regengüssen aussetzten, haben sie nicht unbeträcht-

lich zur Abtragung der Höhen und Ausfüllung der Tiefen beigetragen. In wärmeren Ländern giebt es Arten, die über ihren Oeffnungen mehrere Zoll hohe Thürmchen aus der mit ihren Exkrementen vermischten Erde errichten, und in Südamerika, Australien und andern wärmeren Ländern hat man Arten gefunden, welche die Länge mehrerer Fuße erreichen und

Fig 165.
Der australische Riesenerdwurm (Megascolides australis). Nach „la Nature".

denen man die Namen Antaeus und Titanus beigelegt hat. Ein erst in der neueren Zeit bekannt gewordener Erdwurm vom Cap der guten Hoffnung erreicht die Länge eines ausgewachsenen Menschen bei einer Dicke von einem halben Zoll, und ein vor zehn Jahren von Mac Coy in Gippsland (Australien) entdeckter Riesenerdwurm (Megascolides australis Fig. 165) wird noch bedeutend länger und dicker.

Die Ringelwürmer sind im Vergleich zu den Strudel-, Platt- und Eingeweidewürmern viel weiter entwickelte Thiere, die ja schon durch die Ausbildung einer besonderen Leibeshöhle und viel vollkommenerer Sinnes- und Bewegungsorgane weit über dieselben emporragen, so daß die Zoologen nur mit großem Widerstreben sich bereit finden lassen, sie mit denselben in eine Klasse zu stellen und viele von ihnen sich überhaupt weigern, dies zu thun, und die Ringelwürmer lieber mit den Krebsen, Spinnen und Insekten zur Klasse der Gliederthiere (Artikulaten) vereinigen möchten. Wenn man einen Tausendfuß oder einen Peripatus einem der schönen Meer-Ringelwürmer aus der Abtheilung der Borstenwürmer mit ihren lebhaft farbigen Körperanhängen vergleicht, wird man dies auch sehr gerechtfertigt finden. Aber andererseits sind doch recht zahlreiche morphologische und physiologische Uebergänge — man denke nur an die obenerwähnte Gliedersprossung — zwischen ringellosen und Ringelwürmern vorhanden, und ebenso sind so zahlreiche Anklänge an andere Thierklassen bei verwandten Würmern bemerklich, daß es am rathsamsten scheint, die Würmer als Mittel- und Stammgruppe der höhern Thierklassen bei einander zu lassen, und in ihren durch zahlreiche Uebergänge verbundenen Kreisen die unter einander noch näher verwandten Wurzeln der Stammbäume jener Klassen zu suchen. Wenn man auch scherzhaft gesagt hat, das einzige Gemeinsame mancher Wurmformen wäre ihre Längsstreckung, so würde man doch in Verlegenheit gerathen, von den andern Würmern gewisse bald zu besprechende Wurmformen, die ihre besondern Seitenwege gegangen sind, und dem Anscheine nach dabei weitreichende Erfolge und Nachkommenschaft gehabt haben, gänzlich loszutrennen.

Die Ringelwürmer selbst, die in ihren harten Mundwerkzeugen (Kiefern) und Röhrenbauten die ältesten sichern fossilen Spuren dieser sonst so vergänglichen Thierklasse hinterlassen haben, sind ein solcher Wurzelstamm, nämlich die zweifellosen Ahnen der Wasser- und Luftgliederthiere (Krebse, Spinnen, Tausendfüße und Insekten). Gegenüber den niedern Würmern zeigen sie nicht nur eine bedeutende Vervollkommnung der Ernährungs-, Sinnes- und Bewegungsorgane, sondern sie haben auch bereits viele sonst vom Gesammtorganismus geleisteten Thätigkeiten besondern Organen übertragen, z. B. die Athmung, welche bei den niedern Würmern von der gesammten Oberhaut geleistet wurde, besondern äußern Cirren und Kiemen; die Fortbewegung, die sonst durch Dehnungen und Zusammenziehungen, Windungen und Schlängelungen des Gesammtkörpers beim Kriechen und Schwimmen erzielt wurde, fand Unterstützung durch besondere Fußstummel und Ruder. Ursprünglich scheint jedes Querstück seine eigenen Bauch- und Rücken-Anhänge gehabt zu haben, von denen sich die Bauchwärzchen (Fig. 166 p) zu Fußstummeln, die Rückenanhänge (p') zu Kiemen (br) ausbildeten, ein fernerer bedeutsamer Fortschritt lag dann auf dem Wege einer weitern Arbeitstheilung, wenn einzelne Querstücke sich vorzugsweise

der Fortbewegung, andere der Ernährung, noch andere der Verdauung und Athmung und wieder andere der Fortpflanzung widmen konnten.

Wir müssen hier viele Wurmfamilien übergehen und wollen zunächst noch einmal an die von vielen Naturforschern hierhergestellten mikroskopischen Räderthiere (vgl. Fig. 60) erinnern, Thierformen, die statt unendliche

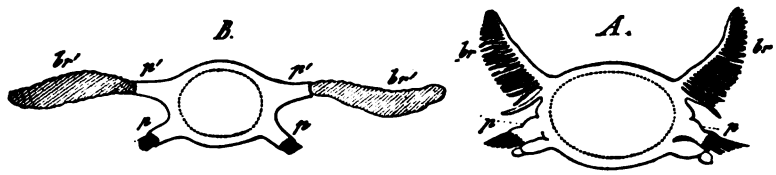


Fig. 166.
Schematische Querdurchschnitte von Ringelwürmern, um die Anhangsgebilde zu zeigen.
A Eunice, B Myrianida, p Bauchstummel, p' Rückenstummel, br Kiemen, br' Cirren.

Metameren-Reihen zu erzeugen, früh und auf niederster Stufe eine Arbeitstheilung durchführten, welche die ihnen von mehreren Seiten zugedachte Ehre als Ahnen der Moosthierchen (Bryozoen), Darmkiemer, Stachelhäuter oder gar der Krebsthiere angesehen zu werden, nicht so ganz unwahrscheinlich und unberechtigt erscheinen läßt. Doch muß bemerkt werden, daß eine sichere Begründung solcher Ansprüche sehr schwierig und jedenfalls noch nicht zweifellos gelungen ist. Die Grundlage dieser Vermuthungen ist, daß die Larven jener Thiere häufig Räderthieren ähnlich erscheinen und namentlich jene Wimperorgane besitzen, deren Wasserwirbel erzeugendes Spiel letzteren ihren Namen verschafft hat. Indessen entspricht die dem Räderthier ähnliche Larve dann gewöhnlich nur dem Kopftheil des späteren Thieres, aus welchem die hinteren Metameren hervorsprossen, wie wir dies namentlich bei den Krebsen erkennen werden.

Fig 167.
Flustra foliacea, rechts die ganze Kolonie in natürlicher Größe, links ein Stück vergrößert.

Den Räderthieren nähern sich in ihrer Allgemeinorganisation auch gewisse Wurmverwandte, die sich nachmals einer festsitzenden Lebensweise hingaben und dadurch ihr Aussehen in nicht weniger einschneidender Weise von derjenigen der freilebenden Würmer entfernten, als es die Eingeweidewürmer thaten. Das erste Geschäft sich seßhaft machender Thiere pflegt der Aufbau eines Hauses, die Absonderung einer Schale zu sein, da sie ihren Feinden nicht wie das freibewegliche Thier entwischen können, sondern

ihnen Stand halten müssen, während andererseits das freibewegliche Thier höchstens einen leichteren Panzer gebrauchen kann. Solche Thiere bauen dann gern zu gegenseitiger Stütze Haus an Haus. Neben den Korallenstöcken unterschied man früh ähnliche Gemeindehäuser (Phalansteren) kleiner Thiere, die ein geselliges Dasein pflegen, die Gehäuse der Moosthierchen oder Bryozoen, fälschlich auch als Mooskorallen bezeichnet. Ihr aus hornartigen oder kalkigen Stoffen erbautes Zellengefängniß überrindet entweder andere Gegenstände, z. B. die Flächen der Seetange oder bildet selbst derartige blattartig verbreiterte Fächer, daß wir einen solchen für einen Tang ansehen könnten (Fig. 167). Aber wenn wir uns still verhalten und genau zuschauen, so gewahren wir bald, daß jede einzelne Zelle dieser vermeintlichen Pflanzen sich mit einem Fenster nach außen öffnet und daß wenigstens in den oberen Theilen aus jedem Fenster ein Persönlein herausschaut, welches immerfort mit vielen Armen nach Nahrung fischt, indem es um seine Mundöffnung einen kleinen Wasserwirbel unterhält. Die Mundarme (Tentakel) stehen entweder auf den Rändern zweier seitlich vom Munde stehender Arme, wie bei der Tiefseeart Rhabdopleura mirabilis, die eine besondere Unterklasse (Pterobranchiaten) für sich bildet, oder in ununterbrochener Reihenfolge auf einem kreis- oder hufeisenförmigen Träger bei allen übrigen Moosthierchen (Holobranchiaten). Das wäre nun ungefähr, wie es bei den Korallenthieren auch üblich ist, aber im Magen sieht es ganz anders aus. Hier wird ordentlich verdaut, das Brauchbare durch eine Magen- und Darmwand aufgesogen, das Unbrauchbare durch eine besondere, neben dem Munde liegende Ausgangsöffnung, zu der sich der Darm zurückkrümmt, wieder ausgeworfen. Es ist also ganz ebenso wie bei den höher stehenden Würmern bereits eine abgesonderte Leibeshöhle vorhanden, in welcher blos der fertige Nahrungssaft (Blut) aufgenommen wird. Das Thier ist auch nicht regelmäßig strahlig gebaut, sondern nach dem Wurmtypus (Fig. 168), die Aehnlichkeiten und Annäherungen an Korallenthiere beschränken sich daher auf einen äußerlichen, durch die gleichmäßige Lebensweise erzeugten Anschein. Jedes Würmchen hat sich gleichsam, um mit den andern gute Nachbarschaft zu halten und Niemandem mit seinem Auskehricht zur Last zu fallen, so zusammengebogen, daß die Hinterthür neben der Vorderthür zu liegen kommt und beide frei nach außen führen. So mit zusammengekrümmtem Leibe und deshalb umgebogenem Ernährungscanal stecken sie in ihren hartwandigen Zellen und ganz ähnlich sehen wir manche Sackwürmer, die ein geselliges Dasein führen, verfahren. Sie bieten überhaupt mit diesen mancherlei Aehnlichkeiten, die auf eine gemeinsame Abstammung von niedern Würmern (Räderthierchen?) schließen lassen. Die Organisation der Moosthierchen ist eine bedeutend höhere als die der Korallen, mit denen sie früher zusammengeworfen wurden; in den wimperbesetzten Tentakeln ist die Athmung localisirt und am Schlunde hat sich ein Nervenknoten ausgebildet, damit

die Nahrung mit einigem Verstande gewählt und eingeschluckt werden kann. Eine Geschlechtertrennung, wie bei den höheren Würmern, hat aber noch nicht stattgefunden; das Wachsthum des Stockes geht auch durch Sprossung an den äußeren Theilen, wie bei den Korallen vor sich. Von den vielen, Rinden, Blätter, durchbrochene Fächer, strauchartige Gebilde u. s. w. auf-

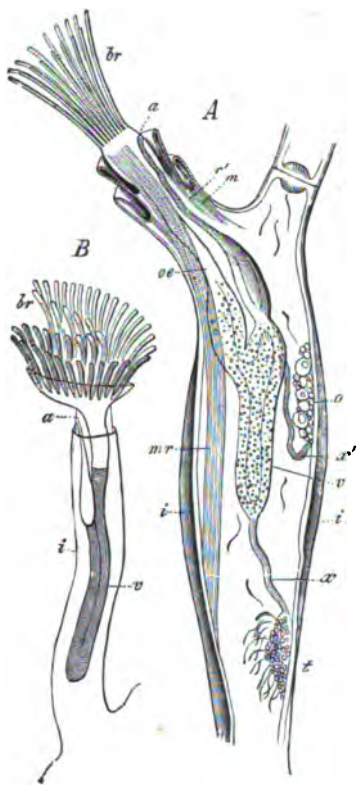


Fig 168.
Moosthierchen. A Plumatella fruticosa. B Paludicella Ehrenbergii. br Tentakelförmige Kiemen. oe Munddarm, v Magen, a Auswurfsöffnung, i Gehäuse, t und o Geschlechtsorgane, m Muskeln. Stark vergrößert. (Nach Allman.)

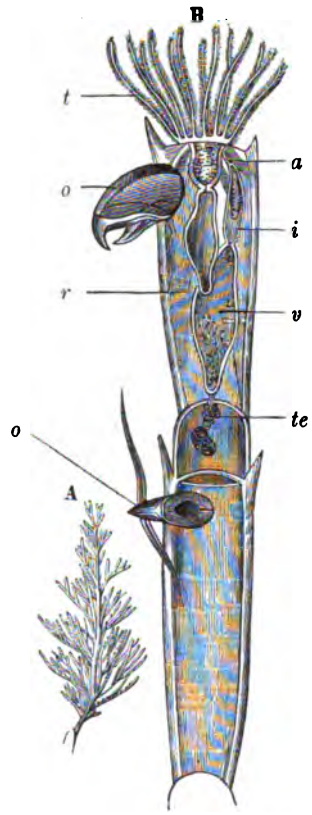


Fig. 169.
Moosthierchen mit Vogelschnäbeln (Bugula avicularia). A Stock in natürlicher Größe. B Zwei vergrößerte Einzelthiere. o Vogelschnäbel, t Fühler, v Magen, r Muskel, i Darm, a Auswurfsöffnung, te Testikel.

bauenden Moosthierchen der Urzeit leben heute nur noch wenige Nachkommen. Die Mehrzahl dieser heute in süßem und salzigem Wasser vorkommenden Einträchtigkeitsmuster dieses Geschlechtes gehören, wie bei den Korallen, fortgeschrittenen Gattungen an, die ihre Röhrchen mit einem Kalkdeckel verschließen und erst viel später in der Jurazeit das Welttheater betreten haben. Uebrigens bemerkt man bei ihnen bisweilen eigenthümliche

Gesellschafter, Individuen, die einem auf- und zuklappenden Vogelschnabel (Ornithoramphen oder Avikularien vgl. Fig. 169o) gleichen, andere (Vibraculärien), die einen bloßen Rüssel darstellen, wahrscheinlich Ueberbleibsel einer ehemaligen Arbeitstheilung unter den Einwohnern des Gemeindehauses, bei der ein Jeder, wie die Gemeindeglieder der Röhrenquallen oder die Angehörigen eines Fourier'schen Phalansteres sein besonderes Geschäft hatte, die Schnabelthiere das Geschäft zu fangen, die Rüsselthiere zu spionieren u. s. w. Heute sind es nur noch bei einzelnen Arten auftretende, sonderbare Erbstücke, wie denn auch den 1850 fossilen Arten nur etwas über 700 lebende gegenüberstehen.

Man hat die Moosthierchen für die Ahnen der sogenannten Spiralkiemer oder Armfüßler (Brachiopoden) halten wollen, weil das Junge derselben einem Moosthierchen ähnlich ist. Die Spiralkiemer besitzen für den weniger scharfen Blick äußerlich ganz das Aussehen einer gewöhnlichen zweischaligen Muschel. Allein wenn man genauer hinschaut, so bemerkt man leicht eine Anzahl wesentlicher Unterschiede. Von den beiden Schalen ist die eine größer und umfaßt an der Charnierseite die andere, indem sie, das Gehäuse mit einem Bucheinbande verglichen, auch den Rücken desselben bildet. Durch ein an diesem übergreifenden Theile befindliches Loch tritt ein Fuß oder Stiel, mit welchem das Schalthier auf dem Meeresboden festgewachsen ist. In großer Zahl, wie junge, eben aufgegangene Bohnenpflänzchen, drängen sich diese festgewachsenen Zweiklappthiere der verschiedenartigsten Formen nebeneinander. Wenn wir die Schalen öffnen, so finden wir, daß sie, nicht wie bei den Muscheln, die beiden Seiten des Thieres, sondern Rücken und Bauch beschilden, und vor Allem bemerken wir einen ganz verschiedenen Athmungsapparat. Bei diesen ungleichklappigen Schalthieren der Tiefmeere treibt ein einfaches Herz den Blutstrom durch zwei spiralförmige Kiemenröhren, die oft durch ein sehr zierliches Kalkskelett gestützt werden, während die Kiemen der echten Muscheln eine zusammenhängende blattartige Gestalt besitzen. Man unterscheidet darnach diese beiden von dem Laien mit Unrecht in einen Topf geworfenen Schalthiergruppen als Spiral- und Blattkiemer. Weit vom seichten Ufer unserer heutigen Meere zurückgezogen, leben noch heute einige wenige Ueberbleibsel dieses ein Reich für sich bildenden Thierkreises, namentlich die seit uralten Zeiten fast unverändert gebliebenen Zungenmuscheln (Linguliden) und die erst in späteren Zeiten herrschend gewordenen Terebrateln (Fig. 170). Aber während man wenig über hundert lebende Arten aufgefunden hat, kennt man bereits sechsundzwanzig Arten aus den cambrischen, nahezu siebenhundert aus den Silurschichten, ungefähr 2600 Arten aus der Vorzeit überhaupt. Sie haben sich, wie die meisten ihrer Zeitgenossen, nur schwer den modernen Lebensverhältnissen anzupassen vermocht, während sie in der Zeit, da sie den Ton angaben, einen unendlichen Reichthum der Formen entwickelten, ein Variationsvermögen, welches dem Forscher beinahe un-

möglich macht, ihre allerseits und allmälig in einander übergehenden Gestalten auseinander zu halten. Sie gehören, da man selbst in den vereinzelten Ueberresten oft nur Formenreihen, aber keine fest umschriebenen Arten unterscheiden kann, mit den Schwämmen, Trilobiten und ähnlichen Größen der Urzeit zu den sprechendsten Verkündern der Lehre Darwin's von der Umwandlungsfähigkeit der Arten. Man hat in ihnen ein Bindeglied zwischen Wurmthieren und Weichthieren sehen wollen, doch scheinen neuere Untersuchungen dem zu widersprechen.

Während die Armwürmer, unter welchem Namen man die Moosthierchen und Armfüßler zusammengefaßt hat, kaum mehr recht dem land-

a b c

Fig. 170. ½
Terebratula vitrea aus dem Mittelmeer. b Ansicht der ganzen Schale, a die kleinere Schalenhälfte mit der Kalkschleife, in welcher die Spiralarme der Kiemen hängen (c).

läufigen Begriff eines Wurmes entsprechen wollen, versetzen uns die Darmkiemer (Enteropneusten) wieder ganz in diese Sphäre zurück, obwohl sie weit über dieselbe hinausdeuten, und zu einer besondern Ordnung erhoben werden mußten. Heute lebt von dieser ehemals wahrscheinlich viel formenreicheren Abtheilung nur eine einzige Gattung, deren weltweit verbreitete Arten im Sande des Meeres wühlen und ganz ähnlich den Regenwürmern zur Ebbezeit große Haufen gewundener Schlammmassen, die durch ihren Wurmleib gegangen sind, über ihren Löchern aufthürmen. Es sind die Eichelwürmer (Balanoglossus-Arten Fig. 171), die sich nach unten an die schon erwähnten Schnurwürmer (Nemertinen) anschließen, jene niedern Würmer, die bei erst beginnender Metamerenbildung bereits gesonderte Blutgefäße (Adern) besitzen, in denen bei einzelnen Arten sogar schon rother Blutfarbstoff vorhanden ist, der wie bei den Wirbelthieren an elliptische, scheibenförmige Blutkörperchen gebunden ist. Diese noch tief unter den Ringelwürmern stehenden Schnurwürmer waren jedoch in neuerer Zeit von Hubrecht als Vorahnen der Wirbelthiere angesprochen worden, und in andrer Weise mag er Recht behalten, sofern die Darmkiemer, die den Urwirbelthieren schon beträchtlich näher stehen, aus ihnen hervorgegangen zu sein scheinen. Letztere mögen von ihnen unter andern die zweiseitige Grundform mit unvollständiger Segmentbildung (Metamerie), eine Paarreihe von mit Geschlechtsdrüsen abwechselnden Darmtaschen, die Ge-

schlechtertrennung, den bauchständigen unter einem Rüssel gelegenen Mund, und die am andern Ende des graden Darmes liegende Auswurföffnung, die Paralleladern und das rückenständige Schlundhirn (Acroganglion) ererbt haben.

Als hauptsächlichste Neuerwerbung der Darmkiemer tritt die Umwandlung des vordern Theiles vom Darmrohr in ein Athmungs-Organ auf, das mit demjenigen der Manteltiere und niedersten Wirbeltiere eine unverkennbare Aehnlichkeit besitzt. Es besteht aus zwei Reihen von Kiemenspalten, die durch ein Kiemengerüst aus Chitinstäbchen und Platten gestützt werden. Das Wasser, welches durch die Mundöffnung aufgenommen wird, die mit dem vorstreckbaren Rüssel in keinem Zusammenhang steht, tritt durch diese in der Rückenhälfte des Vorderdarms belegenen Spalten nach außen. Nach der durch paarige Längsfalten von der Rückenhälfte unvollständig geschiedenen Bauchseite liegt eine gleich der Oberhaut dieser Würmer mit drüsiger Flimmerschleimhaut bedeckte Schlundrinne (Hypobranchialrinne), die in ganz ähnlicher Form bei den Manteltieren und den Larven der niedersten Wirbeltiere (Neunaugen) wiederkehrt, und aus welcher, wie es scheint, die Schilddrüse am Kehlkopfe der höhern Wirbeltiere entstanden ist. Die Uebereinstimmungen im Bau des Kiemendarms der Darmkiemer, Manteltiere und niedern Wirbeltiere, wurden zuerst 1878 von Gegenbaur erkannt, und gaben dieser bisher sehr isolirt stehenden Würmerklasse ein höheres Interesse, sofern man nunmehr in ihnen die letzten Ueberreste einer ehemals vielleicht formenreichen Gruppe von Würmern erkannte, aus deren Reihen die höchsten Thiere hervorgegangen sind.

Fig. 171. Balanoglossus tricollaris. Natürliche Größe.

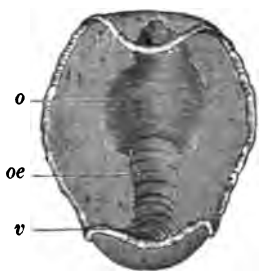


Fig. 172. Larve (Tornaria) von Balanoglossus vergr. o Mund, oe Speiseröhre, v Magen

Aus dem Ei der getrenntgeschlechtlichen Eichelwürmer entsteht eine sogenannte Tornaria-Larve (Fig. 172) wie sie bei Nemertinen und andern Würmern ebenfalls vorkommt. Es ist eine flimmernde tonnenförmige Wurmlarve, die in vieler Beziehung an ein Räderthier erinnert, sich drehend bewegt, frühzeitig einen Verdauungskanal erlangt und sich später durch eine tiefe Einschnürung in einen vordern eichelförmigen Theil (den spätern Rüssel) und in den ovalen umfangreichen Rumpf theilt. Die hellen, um die Larve herumlaufenden Streifen sind Wimperschnüre, wie sie den Wurm- und Stachelhäuterlarven allgemein zukommen. Die Larve erhält früh ein paar Augenflecke und genau ebenso wie bei den Manteltieren, zu denen

wir sogleich übergehen und den Urwirbelthieren bildet sich zunächst nur ein einzelnes Paar von Kiemenspalten aus, deren Zahl sich dann nachträglich vermehrt, so daß sie zuletzt die ganze vordere Hälfte des Thieres einnehmen, und diese als Kopftheil charakterisiren, dem der hintere Abschnitt als Rumpftheil gegenübersteht.

Den Darmkiemern und Armwürmern auf's Nächste stufenverwandt und ihnen sogar durch deutliche Zwischenformen verknüpft, tritt uns schließlich eine Unterabtheilung des großen Würmerreiches entgegen, deren Angehörige so vielgestaltig sind, daß man sie als die Ueberreste und Ausläufer ziemlich weit auseinanderlaufender Zweige eines in den Stürmen der Jahrtausende stark entästeten Baumes betrachten muß, die Sackwürmer oder Manteltiere (Tunikaten), welche in die beiden Hauptgruppen der Salpen und Seescheiden zerfallen. Die Mitglieder beider Gruppen haben als Hauptcharakter unter einander gemeinsam, daß sie sämmtlich ihren Körper mit einer meist sackförmig geschlossenen (seltener einer der Brachiopodenschale ähnlichen zweiklappigen) Hülle umgeben, die sonderbarerweise in ihrer innern Schicht mit der Pflanzenfaser (Cellulose) eine gleiche chemische Zusammensetzung aufweist. Wenn wir aber eine der zu ihnen gehörigen, mittelst Haftorganen auf Felsen u. s. w. festgewachsenen Seescheiden oder Ascidien im Durchschnitte betrachten (Fig. 173), so sehen wir den vordern Theil des Darmrohres, ähnlich wie bei den Darmkiemern, in eine flechtkorbartige Kieme verwandelt, in welcher die Athmung stattfindet, während das lufthaltige Wasser hier durchströmt. Eine einfache Anschwellung der Hauptader, ein sogenanntes Röhrenherz, vermittelt die Circulation des Blutes, indem es dasselbe abwechselnd in der einen und in der anderen Richtung durch die hier nicht angedeuteten feineren Blutgefäße treibt. Die merkwürdigsten Ergebnisse aber lieferte dem russischen Zoologen Kowalewsky das Studium der Entwicklungsgeschichte dieser Thiere. Wenn nämlich das junge Thier durch den, wie wir wissen, allen höhern Thieren gemeinsamen

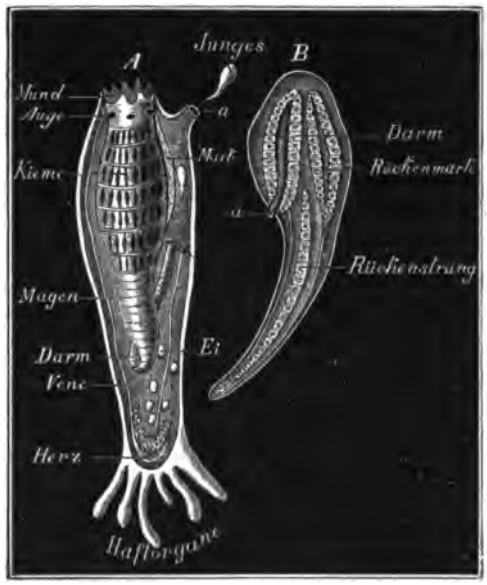


Fig. 173.

Ascidie. B Das junge Thier mit Ruderschwanz, entwickeltem Rückenstrang und Mark, A das ausgewachsene Thier mit Kiemenkorb, sehr beschränktem Rückenmark und ohne Spur von Rückenstrang

Gasträa-Zustand hindurch gegangen ist, so entwickelt es einen kräftigen Ruderschwanz, dessen Auftreten uns schon allein beweisen könnte, daß die festwachsenden Seescheiden die Nachkommen ehemals freilebender Wurmthiere sind. Aber diese Larve zeigt noch andere wichtige Dinge, sie bildet eine Art Rückensaite (Chorda dorsalis), wie sie bei der Entwicklung der Wirbelthiere die Grundlage der Wirbelbildung wird, und ein längs desselben verlaufendes, gestrecktes Rückenmark (siehe Fig. 173). Das Auftreten dieser, den übrigen Wurmthieren nicht zukommenden Organe hat überdem die größte Aehnlichkeit mit entsprechenden Bildungen im Körper des niedersten Wirbelthieres, welches man kennt, des sogen. Lanzetthierchens (Amphioxus). Unwiderstehlich drängt sich hier der Schluß auf, daß die Wirbelthiere, deren Ursprung und Zusammenhang mit den übrigen Thierkreisen bis zum Jahre 1866 in vollkommenes Dunkel gehüllt war, mit den Seescheiden irgendwie zusammenhängen. Leider giebt die weitere Entwicklung der Ascidienlarve keine näheren Aufschlüsse. Sie wirft den Schwanz mit der Rückenseite ab und treibt dafür Haftorgane hervor, mit denen sie sich irgendwo im Meere festsetzt. Sie sinkt dabei, wie alle vor Anker gehenden Thiere, namentlich was die Ausbildung der geistigen und Bewegungsorgane betrifft, auf eine tiefere Stufe zurück, denn sie braucht als richtiger Pfahlbürger nur das bescheidene Maß Gehirn, das zum Stillleben im Gehäuse gehört.

Wie könnten wir uns diese merkwürdigen Erscheinungen anders deuten, als daß die heutigen Seescheiden verkümmerte Nachkommen von viel begabteren Sackwürmern sind, denen man schon eher zutrauen darf, daß sie der höchsten Thierklasse den Ursprung gegeben haben? Wir werden als solche ihren Ahnen ähnlichere Mantelthiere die Schwanzsalpen oder Appendikularien betrachten können, die den Ruderschwanz zeitlebens behalten, und bei denen Ray-Lankester auch Andeutungen einer Bildung von Segmenten nachweisen konnte, die den aus dem Rückenmark entspringenden Nervenpaaren entsprechen, ähnlich, wie sie bei dem Lanzetthierchen und den ersten Entwicklungsstufen der höheren Wirbelthiere auftreten. Wir werden außerdem später sehen, daß die niedersten Wirbelthiere auf ihren ersten Entwicklungsstufen noch weitere Aehnlichkeiten mit der allgemeinen Organisationshöhe der Mantelthiere darbieten, so daß die Vermuthung eines gleichen Ursprunges beider von einer nach einzelnen Richtungen weit fortgeschrittenen aber ausgestorbenen, oder wenigstens bisher unbekannten Abtheilung des großen Würmerreiches höchst wahrscheinlich ist. In den niedersten Wirbelthieren hat sich jene Anlage des Rückenstranges und Rückenmarkes weiter ausgebildet, während die Seescheiden, wahrscheinlich eben in Folge ihrer Festsetzung, so weit in der allgemeinen Organisationshöhe zurückgesunken sind, daß sie wieder den Moosthierchen, von denen man sie leicht herleiten kann, ähnlich geworden sind.

Die letztere Aehnlichkeit springt namentlich bei denjenigen Sackwürmergruppen in die Augen, die sich durch Sprossungen vermehren und einen

zusammengesetzten Thierstock bilden, wie z. B. der nachstehend abgebildete (Fig. 174). Schon von außen erkennt man in dem durchsichtigen Körper den gewundenen Darmkanal mit den nebeneinander liegenden Oeffnungen und dem Kiemen-Apparat, wobei man Fig. 173 vergleichen wolle. Noch eigenthümlicher verhält sich eine andere Gruppe der Sackwürmer, bei denen die einzelnen Personen, wie in den sogenannten Rattenkönigen, mit einander verschmelzen und sich sternförmig um einen Mittelpunkt (Fig. 175) oder um eine Röhre (wie in den sogenannten Feuerwalzen) gruppiren, wobei die Mundöffnungen frei bleiben, die Darmhöhlen aber in eine gemeinsame Kloake ausmünden. Die Beobachtung des Entwicklungsvorganges bei diesen zusammengesetzten Thieren ist in vieler Beziehung lehrreich. Das junge Thier erhält nämlich, nachdem es die oben ausführlich beschriebenen ersten Stufen der Eifurchung durchgemacht, zunächst gerade so wie die Larve der einfachen Ascidie einen langen Ruderschwanz (Fig. 175c), der nur für ein einfaches, frei umherschwärmendes Thier

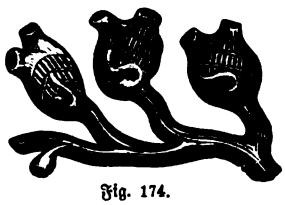


Fig. 174.
Perophora Listeri.

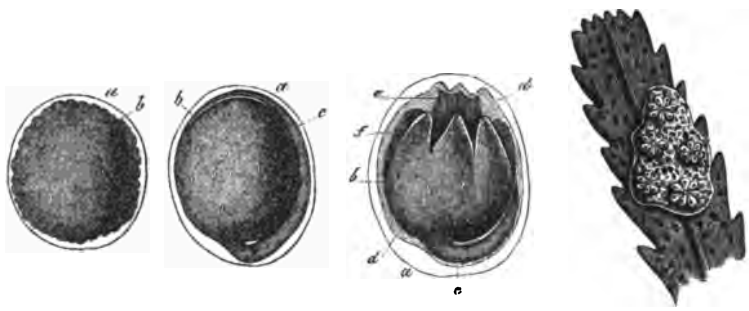


Fig. 175.
Entwicklung von Botryllus. a Eihülle, b Dotterkeim, c Ruderschwanz, d, e, f Sprossungstheile. Daneben Exemplare des zusammengesetzten Thieres auf Tanglaub.

Sinn hat. Aber ehe derselbe in Funktion tritt, spaltet sich der Embryo, wie der Kelch einer Tulpe, oder es sprossen vielmehr im Umfange des Embryos eine Anzahl Kölbchen hervor, die aber nicht, wie man früher glaubte, unmittelbar zu einem Sterne auswachsen, sondern eine Knospe erzeugen, aus der im Laufe wiederholter Knospenbildungen durch endliche Sprossung die kleinen Sterne oder Walzen hervorgehen. Wenn man über diesen Vorgang nachdenkt, wird man sich der Vermuthung kaum entschlagen können, daß sich in ihm ein noch ausgedehnterer und stark gekrümmter Entwicklungsweg zu einem kurzen Wandelbilde zusammenzuziehen beginnt. Der Vorfahr, ein anfangs frei lebendes Thier, hat sich der Freiheit begeben und festgesetzt, dann durch

Sprossung vermehrt und schließlich ward diese Sprossung vielleicht sogar in den ununterbrochen verlaufenden Entwicklungsweg aufgenommen.

Bei den im Dunklen leuchtenden Feuerwalzen (Pyrosomen) tritt keine Festsetzung der Gemeinschaften ein; sie bilden freischwimmende, zusammengesetzte Kolonieen mit gemeinsamer Kloake. Aber wie es scheint, waren mit einem so weiten Kreislaufe vom einfachen freien Thier zum zusammengesetzten freien, für einzelne Abtheilungen die labyrinthischen Entwicklungswege noch nicht abgeschlossen. In den Salpen hat man Mantelthiere kennen gelernt, welche die Vermuthung erwecken, als stammten sie von einem derartigen zusammengesetzten Thiere ab, dessen Gesellschafter sich wieder von einander gelöst hätten. Diese glasartig durchsichtigen Thiere mit leicht farbespielendem Anhauch trifft man zuweilen in einzeln schwimmenden Exemplaren, die Eier entwickeln, welche sich zu vollständigen, frei umherschwimmenden Thieren ausbilden. Diese aber geben, wie zuerst der Dichter Chamisso auf seiner Reise um die Welt beobachtete, durch einen dem eben beschriebenen Knospungsprozeß ähnlichen Vorgang, einer großen Zahl von jungen Salpen das Dasein, die im durchsichtigen Körper der Mutter wie eine quergefurchte Schnur erkennbar sind, nachher zu langen Ketten vereinigt, an der Meeresoberfläche umherschwimmen, und in finstern Nächten das Schauspiel leuchtender Seeschlangen gewähren. Die Kettensalpen sind wieder (hermaphroditische) Geschlechtsthiere, trennen sich schließlich und bringen einzelne Eier zur Reife, aus denen von Neuem Einzelnthiere entstehen, die durch ungeschlechtliche Sprossung Kettenthiere erzeugen. Solche Fälle eines auffallenden Generationswechsels sind, wie wir schon oben ausführten, wahrscheinlich Folgen sehr wechselvoller Schicksale der Art in der Vorzeit; noch jetzt glauben wir darin zu erkennen, wie sich ein verhältnißmäßig hoch entwickeltes freies Wurmthier seßhaft gemacht, durch Sprossung vermehrt und zu einem zusammengesetzten Thier geworden, endlich wieder in seine Elemente aufgelöst hat, ein Bild abwechselnd vor- und rückwärtsschreitender Verwandlung, wie wir sie so oft auch im Menschen- und im Völkerleben gewahren.

So sehen wir im Wurmreiche eine große Vielseitigkeit der Entwicklungsrichtungen sich entfalten, und obgleich ursprünglich Alles wurmähnlich und wurmverwandt blieb, machten sich doch zahlreiche Sonderbestrebungen und Zweig-Entwicklungen in abweichenden Richtungen geltend, die sich immer mehr von dem Hauptstamme der echten Würmer entfernten. Auf diese Weise verblieb der deshalb sehr schwer zu charakterisirenden und abzugrenzenden Klasse der Würmer eine Art Mittelstellung zwischen den übrigen Thierkreisen, welche wir als Weichthiere oder Mollusken, Stachelhäuter oder Echinodermen, Gliederthiere und Wirbelthiere unterscheiden. Vielleicht ist, abgesehen von der Langstreckung des Körpers, die Skelettlosigkeit, der Mangel eines festen Gerüstes für den Ansatz der Muskeln, eine der Haupteigenthümlichkeiten des Würmerstammes,

welcher zugleich die ungemeine Wandelbarkeit des Grundtypus begünstigte. In allen von den Würmern abgeleiteten Formen werden wir, als eines der ersten Geschäfte gleichsam, die Ablagerung eines Skelettes oder einer Schale gewahren, womit alsdann freilich eine Fixirung des abgeleiteten Typus Hand in Hand geht. Bei den Wirbelthieren wurde dieses Skelett ein inneres und erlaubte vielleicht dadurch die höchste Ausbildung der Körperformen im Kampfe um's Dasein, bei den Weichthieren (mit Ausnahme ihrer vollendetsten Formen), wie den Sternthieren und Gliederthieren wurde es ein äußeres, und am besten kamen diejenigen fort, bei denen diese Abschließung der lebendigen Theile von der Außenwelt erst geschah, als die Gliederung des Wurmes bereits weit vorangeschritten war.

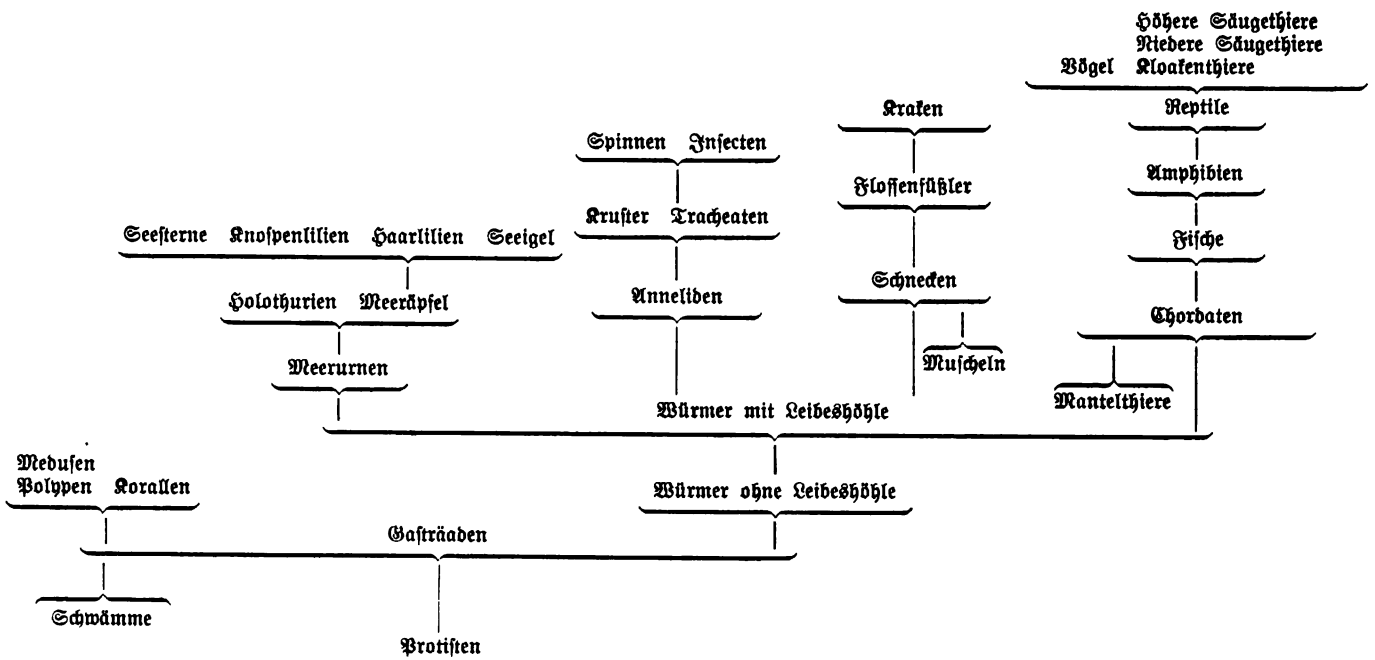
Wir dürfen offenbar bei den ältesten, noch in keine bestimmte Entwicklungs-Richtung gedrängten Thieren, eine größere Bildsamkeit des Organismus voraussetzen. An keine angeerbten Schranken und Standesvorurtheile gebunden, konnte das junge Geschlecht auf die verschiedenste Weise seinen Weg suchen, was ihren Nachkommen nur in viel beschränkterem Maße gestattet sein sollte. Gerade wie der arme Paria in Indien nicht über die Schranken hinauskann, welche ihm der Kastengeist seiner Urahnen gezogen, so kann das Wesen, welches heute geboren wird, nicht mehr je nach Belieben Pflanzenthier oder Kriechthier werden, wie ehemals die Gasträa. Es muß ohne „umsatteln" zu können, den Richtungen folgen, die seine Ahnen einschlugen, die aber durchweg, wenn wir die Pflanzenthiere ausnehmen, ihren Ausgang von wurmartigen Thieren genommen haben, und auf das Wurmreich zurückführen. Die genannten fünf Hauptrichtungen bilden die Kasten der Natur, aus denen es für die Angehörigen nicht mehr angeht, herauszutreten, während innerhalb des vererbten Grund-Typus die möglichste Verschiedenheit nach wie vor erreicht wurde und wird.

Die Ausbildung und Trennung dieser fünf oder sechs Hauptrichtungen des thierischen Lebens hat schon in den frühesten Abtheilungen der Primordialzeit stattgefunden, und die meisten hatten bereits höher entwickelte Formen aufzuweisen, als noch das Meer die einzige sichere Heimstätte des Erdlebens war. Nächst den Pflanzenthieren scheint sich der Weichthierstamm am frühesten von dem Wurzelstock abgezweigt zu haben, denn in ihm sind die Hauptkennzeichen der höheren Wurmformen theils am wenigsten entfaltet, theils am vollständigsten umgeprägt, nach einer von dem Eingeschlossensein in einer Schale abhängigen Richtung. Die dritte größere Thierabtheilung der Stachelhäuter oder Sternthiere läßt ebenfalls in ihrer gesammten Organisation, wie in ihrer Entwicklungsgeschichte zweifellos erkennen, daß sie aus dem Würmerreich hervorgegangen ist, obwohl der Ausgangspunkt des besonderen Typus bei ihnen am schwersten zu enträthseln und bisher nicht mit voller Sicherheit nachgewiesen werden konnte. Dagegen ist bei der vierten Abtheilung, derjenigen der Gliederthiere, zu denen Krufter, Spinnenthiere, Tausendfüßler und Insekten ge-

hören, die Blutsverwandtschaft so ausgesprochen, daß man in ihnen eine Fortsetzung des Hauptwürmerstammes (der Anneliden) zu suchen berechtigt ist. Ueber den Anschluß des in den späteren Erdperioden alle übrigen Kreise weit überragenden Stammes der Wirbelthiere haben wir eben einige Andeutungen gemacht und werden später noch näher darauf einzugehen haben. Es ergiebt sich daraus ungefähr das auf der folgenden Seite befindliche Schema der Hauptverzweigungen des gesammten Thierreichs. Einige Bemerkungen darüber mögen dazu beitragen, Mißverständnisse zu verhüten.

Man pflegt mit gutem Grunde in der Neuzeit das Thierreich wie auch das Pflanzenreich bildlich in Stammbäumen darzustellen, deren Hauptäste den großen Abtheilungen entsprechen. Allein man darf nie vergessen, daß dies immer nur ein Schema für ein viel stärker verästeltes, undurchdringliches Astwerk und Laubdach ist, in welchem es so viele Endzweige und Blätter wie Thier- (und Pflanzen-) Arten geben muß, während den Gattungen die größeren Zweige und jeder Klasse ein Hauptast entsprechen würden. Neben den lustig fortgrünenden Zweigspitzen hätten wir früh abgestorbene, neben den stark und weit verästelten Zweigen, Nebenreiser einzuzeichnen, die aus den unteren Theilen des Stammes fast unverästelt bis zur Gegenwart aufsteigen, ebenso andere Zweige, die sich zum Boden herabsenken und sich gleichsam zu Luftwurzeln zurückbilden. Die unverästelten Schößlinge würden jenen Wesen entsprechen, die fast gar nicht zur Variation neigen, und von ihrer Urzeit her durch mehr oder weniger lange Zeiträume oft bis zur Gegenwart unverändert oder fast unverändert ausdauerten und die sich abwärts neigenden Zweige jenen Gruppen, die in ihrer allgemeinen Organisation eher abwärts als vorwärts geschritten sind. Auch in unserem Schema sind einige Beispiele solcher theilweis rückwärts geschrittenen Abtheilungen, in den Schwämmen, Mantelthieren und Muscheln angedeutet. Alle diese Wahrnehmungen tragen dazu bei, den vielfach genährten Traum eines allgemeinen Fortschrittsgesetzes zu zerstören, als sei nämlich in den lebenden Wesen selbst eine nie ruhende Triebkraft thätig, die sie unaufhörlich zu einer Entwickelung nach einem gegebenen höheren Ziele hindrängte. Wir finden vielmehr bei genauerem Hinschauen nichts anderes als eine große Veränderungsfähigkeit der Wesen, und ein Erhaltenbleiben derjenigen Formen, die sich den Lebensverhältnissen am meisten gewachsen zeigen. Oft kann es kommen, daß eine Grundform sich lebensfähiger erweist, als alle ihre Varietäten, dann wird sie dieselben eben sämmtlich überleben. Wir sehen oftmals, daß sich uralte Typen, sogenannte Dauerformen durch ein wunderbares Anpassungsvermögen noch den jüngsten Weltverhältnissen gewachsen zeigen, und es scheint dann, als hätte die Zeit ihre umwandelnde Kraft ihnen gegenüber eingebüßt, und befestigte nur noch die Starrheit ihrer Form. In der That kann man annehmen, daß eine Form umsomehr an Bildsamkeit einbüßen wird, je öfter sie sich bereits ohne Veränderung wiedererzeugt hat. Bei Annahme einer treibenden

Schema der thierischen Stammverwandtschaft.



Entwicklungskraft (Zielstrebigkeit), die nach einem bestimmten Gesetze wirksam wäre, müßte man, da es ja noch in der jetzigen Welt keinen Mangel an niedern Lebensformen giebt, hoffen, jene durch Aussterben entstandenen Lücken durch ein Nachrücken ausgefüllt zu sehen, allein im Gegentheil zeigt sich, daß jede Bildung der Natur so sehr das Gepräge ihrer Zeit und ihrer Geburtsumstände trägt, um keine Hoffnung einer Wiedererweckung aus dem Schooße der Möglichkeiten zuzulassen, sobald sie einmal ausgestorben ist.

Damit soll ein allgemeines Fortschreiten der Lebewesen in den verschiedenen Zweigen beider Reiche gewiß nicht geläugnet werden, nur ein nie ruhender, bestimmt gerichteter Fortschritt muß dem genaueren Naturbeobachter zweifelhaft bleiben. Als ein solcher allgemeinerer Fortschritt erscheint uns eine immer weiter gesteigerte harmonische Arbeitstheilung in allen Organsystemen, während eine einseitige Specialisation ziemlich gleichbedeutend mit Rückschritt ist. Es entspricht indessen hierbei den in der Natur gegebenen Bedingungen, daß die Ausbildung der vegetativen Organe, welche ausschließlich der Erhaltung und Fortpflanzung der Art gewidmet sind, derjenigen der animalen Organe, welche die Fortbewegung und das seelische Leben betreffen, vorausgehen muß. Wir finden zugleich, das dasjenige, was wir hauptsächlich als Fortschritt betrachten, unbedingt an eigene Anstrengungen, an ein Erkämpfen des Lebensunterhaltes gebunden ist. Jedes thierische Wesen, welches dem Türken gleich, die Hände in den Schooß legt, und die Beine untereinanderschlägt, um wie die Muschel zu warten, bis ihr die Tauben in den Mund fliegen, im Uebrigen aber Allah sorgen und die Dinge passiv über sich ergehen läßt, giebt sofort die etwa bereits erlangten Vorzüge seiner Organisation auf, und sinkt auf den Zustand eines willenlosen, lediglich vegetirenden Wesens zurück. Viele solcher auf Kosten Anderer lebende Thiere haben dabei charakteristische Gestalt, Gliedmaßen, hochentwickelte Sinneswerkzeuge, ja den ganzen Kopf und Binnenschmarotzer sogar die wichtigsten Eingeweide eingebüßt, so daß schließlich nicht viel mehr als die eigenartige Protoplasma-Masse, die sich ernährt und wiedererzeugt, übrig geblieben ist. In den Reihen der im nährstoffreichen Meere festgesetzten oder der in fremden Thieren vorkommenden Schmarotzer sucht man vergebens nach irgendwie nennenswerther Erhebung über ihre Sphäre. Auch das Sicheinschließen in feste Schalen oder Panzer konnte der Wandelbarkeit in weiterem Umfange nicht günstig sein. Es ist erfreulich, zu sehen, daß ein solches Zurückfinken, in Gehäusen Abschließen und Stabilwerden, wovon wir noch manche ebenso lehrreiche als merkwürdige Beispiele kennen lernen werden, im Thierreiche nur bis zu einer gewissen Entwicklungsstufe hin möglich ist, über welche hinaus es dann nicht mehr vorkömmt. Unter den Wirbelthieren kennen wir noch einige wenige schmarotzende Fische, die meist der niedersten Stufe angehören, keine festwachsenden und unbeweglich eingepanzerten Thiere mehr.

Die Stammformen aller fünf oder sechs Thierkreise, je nachdem man

die Würmer als eine besondere Abtheilung betrachten will oder auf die andern fünf vertheilen, hatten sich herausgebildet in einem Zeitalter, von dem wir keinerlei Denkmünzen besitzen, und ihr Dasein tritt dem Geologen mit einem Male als vollendete Thatsache entgegen. Dieser Umstand hat sehr viele Erdgeschichtsforscher zur Annahme einer unmittelbaren Schöpfung dieser Tausende von Pflanzenthieren, Mollusken, Sternthieren, Urkrebsen und Fischen, welche schon die kambrischen und silurischen Meere belebten, geführt, etwa wie der Director eines eben fertig gewordenen Aquariums seine Becken schnell mit Schaaren von fern her bezogener Seethiere bevölkert. Allein eine solche Voraussetzung läßt sich nicht mit der andern Wahrnehmung vereinigen, daß unter dieser bunten Welt in allen Abtheilungen die Spitzen der Gesellschaft fehlten und zum Theil sich erst nach ganz unendlich langen Zwischenräumen einstellten. Das Auffallende, welches in dem scheinbar unvorbereitet plötzlichen, wie auf Kommandowort erfolgten Auftreten so vieler Lebensformen liegt, erklärt sich aber leicht, wenn wir uns vorstellen, daß die Lebewelt der laurentischen und kambrischen Zeiten, eine vorzugsweise nackte, schalen- und skelettlose war, und darum keine erheblichen Spuren von ihrem Dasein zurücklassen konnte. Das Leben war noch flüssig und von unentschiedener Gestaltung, erst in den abgeleiteten Typen fixirten sich die Formen, durch eine bald nach ihrer Trennung eintretende Schalen- oder Skelettbildung. In dem eine Mittelstellung einnehmenden Reiche der Würmer, begegnen wir selbst heute noch sehr wenigen, wenn man so sagen darf, durch harte Ausscheidungen fixirten Formen, und von dem ungeheuren Reichthum des Meeres an dahin gehörigen schönen und mannigfachen Gestalten würden bei einem Eintrocknen desselben auch heute nur wenig Erinnerungen bleiben. Falls sich also Jemand überrascht zeigt, von dem allzu glänzenden Debüt der Thierwelt in den Archiven der Natur, so muß er daran erinnert werden, daß die ältesten neptunischen Schichten, in deren letzten Theilen jene ältesten Thierspuren auftreten, gegen 70000 Fuß Mächtigkeit besitzen, während alle späteren Schichten zusammen genommen nicht diese Höhe erreichen. Wenn man nach dieser Stärke der Schichten auf entsprechende Zeiträume schließen darf, in denen sie abgelagert wurden, so nimmt die Primordial-Lebewelt für ihre Vorbereitung und Entwicklung aus niedern Formen mehr als die Hälfte vom Gesammtalter der meerumflossenen Erde in Anspruch und das ist nach der übereinstimmenden Ansicht aller Geologen ein ganz unausdenkbarer Zeitraum. Der Erhaltung weniger widerstandskräftiger Reste mag außerdem in den älteren Schichten die höhere Wärme des Erdinnern und besonders des Meerwassers feindlich gewesen sein. Aus allen diesen Gründen ist es nothwendig geworden, die Eingangskapitel des Buches der Natur aus andern Quellen zu ergänzen, die Geschichte des Lebens aus dem Leben selbst zu ergründen, während wir im weitern Verfolg vorwiegend von ganz unzweideutigen Dokumenten der Vorzeit werden ausgehen können.

IX.

In Wehr und Waffen.

Die Stachelhäuter.

Dies Pentagramma macht mir Pein!
Faust.

Dem ganz auf die salzige Fluth beschränkten Kreise der Strahlthiere oder Stachelhäuter (Echinodermen) gebührt ein Vorrang des Geheimnisses; fremdartig bewegen sich seine Mitglieder unter allen andern Thieren und ihre Familiengeschichte bietet trotz der Reichhaltigkeit der sie betreffenden Aufzeichnungen, in den Archiven der Vorzeit eigenthümliche Schwierigkeiten. Man vereinigte sie früher mit den regelmäßig strahlig nach der Vier- oder Sechszahl gebaueten Pflanzenthieren, bis genauere Untersuchungen erwiesen, daß sie nicht nur keine wirkliche Verwandtschaft, sondern nicht einmal eine über den ersten rohen Eindruck hinausgehende Aehnlichkeit mit denselben besitzen. Die Grundform dieses Thierstammes, dessen jetztlebende Zweige die Seesterne, Seelilien, Seeigel und Seegurken oder Holothurien darstellen, läßt sich am besten einer fünftheiligen Sternblume vergleichen, deren Blätter zuweilen zu einer Knospe zusammengeschlagen, oder nicht ausgebildet sind. Dem in der Mitte solcher Blumen z. B. der Enzianarten, in der Verlängerung des Stieles gelegenen, zweiseitig symmetrischen Fruchtknoten entspricht bei den Sternthieren ein allen fünf Abschnitten gemeinsamer, aber bis auf seine Ausläufer nicht strahlig gebaueter Verdauungs-Canal, mit gegenüber oder nebeneinander belegenen Ein- und Ausgängen. Dieses Mittelstück wird von drei, meist ringförmig verbundenen Organsystemen umgeben, welche je fünf Hauptstränge in die fünf Gegenstücke (Antimeren) des Körpers entsenden. Es sind dies ein Nervenring, ein Gefäßsystem, von dem die ernährenden Hauptadern ausstrahlen und drittens ein diesen Thieren ausschließlich angehöriger Wasserapparat, um zahlreiche, strahlig vertheilte Hohlsäcke, die als Schreit- und Saugfüßchen (Ambulacral-Füßchen) dienen, abwechselnd anzuschwellen und schlaff werden zu lassen. Was bei den Pflanzenthieren der Nahrungsstrom verrichtete und zuweilen

bei höheren Thieren ein unwillkürlich gesteigerter Blutandrang hervorbringen kann, muß hier eine fremde Flüssigkeit verrichten, weshalb das durch eine (zum Zwecke der Filtration mit kleinen Oeffnungen versehene) Sieb- oder Madreporenplatte aufgenommene Seewasser unmittelbar Zutritt hat. Jedes Fünftel des Körpers bildet, von den gemeinsamen Verdauungs- und Ernährungswerkzeugen abgesehen, gleichsam ein besonderes Thier, mit eigenem Nerven- und Gefäßstamm, oft auch mit eigenen Gliedern, Sinnes- und Fortpflanzungswerkzeugen. Das fällt namentlich ins Auge bei den Seesternen und einzelnen Seelilien, bei denen jedes Fünftel zu einem langen, oft mehrfach getheilten Strahl ausgezogen ist; es gilt aber nicht weniger für die Seeigel und Seegurken, bei denen diese Strahlen in den kugeligen oder walzenförmigen Umkreis des Verdauungscanals gleichsam eingezogen wurden, so daß der strahlige Bau für den Anblick aus der Entfernung zuweilen ganz verschwindet. In den ersteren Fällen zeigt jeder dieser fünf Strahltheile den Bau eines in zahlreiche Querstücke (Metameren) mit eigenen Nervenknötchen, Seitenanhängen und Schwellfüßchen getheilten, zweiseitig symmetrischen Gliedwurms und diesen Abtheilungen entsprechend, ist die durch eingelagerte Kalktheile verknöcherte Hautschicht in lauter kleine bewegliche Platten, von größter Zierlichkeit der strahligen Anordnung, zerspalten. (Fig. 176.) Ihr oft aus schier unzähligen Plättchen bestehendes Panzerkleid sicherte diesen Thieren nicht nur Widerstandsfähigkeit im harten Kampfe ums Dasein, sondern auch ein unsterbliches Gedächtniß bei der Nachwelt, während diejenigen Mitglieder der Klasse, die wie die Seegurken, seine Ausbildung vernachlässigt haben, in ihrer historischen Stellung sehr bedroht erscheinen.

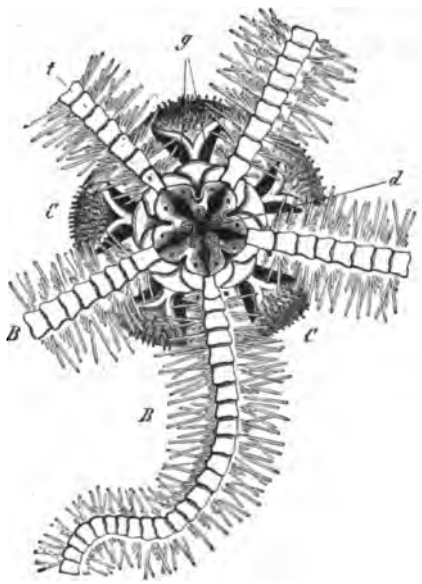


Fig. 176.
Mittelstück (C) eines Schlangensterns (Ophiotrix fragilis) mit dem Ansatz der Arme (B) t Armpanzerplatten, d Kauplatten, g Geschlechtsspalten. (Nach Gegenbaur.)

Es giebt nämlich zwei schroff gegenüberstehende Meinungen über die Abstammung und Geschichte der Sternthiere, die sich kurz dahin zusammenfassen lassen, daß manche Naturforscher annehmen, die Strahlen seien aus dem Mittelstück, andere, das Mittelstück sei aus den Strahlen hervorgegangen. Nach der einen Ansicht würden von den lebenden Stachelhäutern die Holothurien der gemeinsamen Stammform des Geschlechts am nächsten stehen,

nach der andern die echten Seesterne. Beide Parteien führen gewichtige Gründe für ihre Ansicht ins Feld, allein die der ersteren scheinen uns vorläufig die wahrscheinlichsten. Die Entwicklungsgeschichte aller hierher gehörigen Thierformen zeigt zunächst übereinstimmend, daß das in der Jugendform gleichsam zu neuem Leben erweckte Ahnenthier jedenfalls ein zweiseitig symmetrischer Wurm gewesen ist, denn jene Strahlthier- oder Astrolarve ist von den Larven gewisser Würmer kaum zu unterscheiden. (Fig. 177.) Und aus dieser der Gasträaform (Fig. 127 c) folgenden wurmförmigen Seesternlarve (Fig. 177 B) entsteht das Sternthier nicht etwa durch eine einfache Metamorphose, sondern durch eine Art innerer Sprossung, die einem Generationswechsel ähnlich sieht, ein Vorgang der

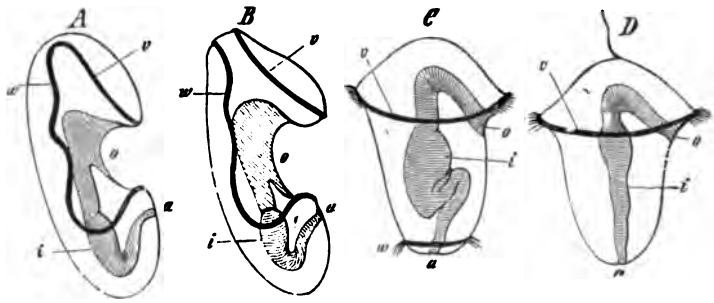


Fig. 177.
A Larve einer Holothurie, B eines Seesternes. C, D Wurmlarven. o Mund, i Magen, a Auswurfsöffnung, v, w Wimperschnüre.

offenbar darauf hindeutet, daß in der Entwicklung der Gruppen bedeutsame Wandlungen stattgefunden haben. So behalten z. B. die Schlangensterne von ihrer Larve, die unter dem Namen Pluteus (Fig. 178) früher als selbständiges Thier beschrieben worden war, beinahe nichts als den ursprünglichen Verdauungscanal bei, alle die Anhängsel, die dieser Larve das Ansehen einer Malerstaffelei geben, verschwinden und aus der innern Anlage sproßt eine neue fünfarmige Larvenform hervor.

Das Vorkommen einer solchen fünfarmigen Larve (Pentactula-Form) in der Entwicklungsgeschichte der verschiedensten heute lebender Zweigangehörigen der Stachelhäuterfamilie (Holothurien, Haarlilien, Seeigel, Haarsterne und Seesterne) wird von Richard Semon auf die gemeinsame Abstammung aller Stachelhäuter von einem zweiseitig symmetrischen Wurmthier (Pentactaea) gedeutet, welches wahrscheinlich in Folge einer Stielentwicklung und Festsetzung auf dem Meeresboden um den Mund fünf Fangarme in blumenkelchartiger (anthodialer) Anordnung entwickelte, wie dies bei vielen Pflanzen- und Wurmthieren in ähnlicher Weise stattgefunden hat, z. B. bei der Moosthiergattung Loxosoma. Nach dieser sogenannten Pentactaea-Theorie, welche die pentagonale Anordnung der jüngern Organ-

kreise um die zweiseitig symmetrische Grundanlage erläutert, würde sich unter andern die Vererbung des dem Mundende entgegengesetzten Stieles bei den vier älteren Ordnungen der Sternthiere als Erbschaft erklären, während die Angehörigen der vier jüngeren Ordnungen sich wieder vom Stiele losgelöst und die freie Ortsbewegung des Ahnenwurms zurückgewonnen hatten, wie wir einen Parallelvorgang schon bei den Medusen kennen gelernt haben. Man muß annehmen, daß von dieser Urform (**Pentactaea**) alle die gemeinsamen Charaktere der Stachelhäuter, z. B. die Neigung zur Einpanzerung mit zahlreichen Platten, das Ambulacralsystem u. s. w. ererbt sind.

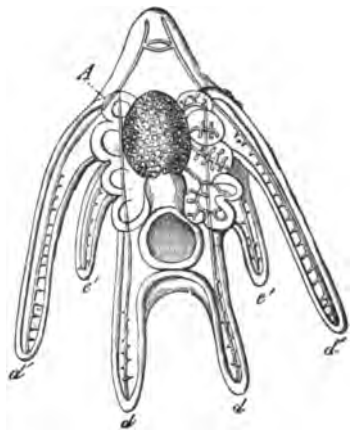


Fig. 178.
Pluteus-Form eines Schlangensterns.
A Anlage des Echinoderms mit sprossenden Armen. d, e Fortsätze der (in umgekehrter Stellung schwimmenden) Larve.

Gewichtige Stützen für diese Anschauung fand **Häckel** in dem Studium der paläozoischen Echinodermen. Unter den ältesten dieser bis in die kambrischen Schichten hinabreichenden Thiere fand er eine artenreiche Gruppe, bei der die zweiseitig symmetrische Grundform auch äußerlich noch mehr hervortritt, und bei denen das fünfarmige **Ambulacral-Feld**, d. h. der Strahlenkelch (**Anthodium**) und das Wasserfüßchen-System noch nicht voll entwickelt waren und die er **Urnensterne** (**Amphoridea**) getauft hat. Als Beispiel dieser uralten Thiere mag uns **Placocystis crustacea** (Fig. 179) aus dem nordamerikanischen Untersilur dienen, dessen Verwandte man früher zu den Krebsen gerechnet hatte. Die meisten dieser Thiere waren wie das abgebildete an dem vom Munde abgekehrten Körperpol noch mit einem freien Schwanze versehen, seltener dort durch einen Stiel befestigt. Die Körperbedeckung bestand ursprünglich aus einer von der Epidermis bedeckten Lederhaut, in der sich ein eigenthümliches Hautskelett ausbildete, welches ursprünglich aus zahlreichen einzelnen Kalkstücken bestand, die später zu Platten zusammenwuchsen und einen meist beweglichen Schuppen- oder Plattenpanzer bildeten, der bei den ältesten Formen unregelmäßig zusammengesetzt war. Diese am stärksten im Untersilur vertretenen, im Obersilur schon verminderten und im Steinkohlensystem anscheinend bereits ganz ausgestorbenen Thiere, standen den Würmern noch sehr nahe, das Schwellfüßchen- (Ambulacral-) System erstreckte sich nur erst auf die Mundarme, nicht auf die Schalenfläche selbst, der Kelch (Anthodium), d. h. die Ambulacral-Rosette war noch nicht entwickelt.

An die Urnensterne oder Amphoridеen, zu denen Häckel 30 durchweg

ausgestorbene Gattungen rechnet, schließen sich nahe zwei weitere Echinodermenklassen an, von denen die eine, die der Meeräpfel (Cystoidea) ebenfalls längst ausgestorben ist, die andere in den Seegurken oder Holothurien unserer Tage weiterlebt. Sie haben mit den ältesten ihres Stammes noch mehrere gemeinsame Merkmale, namentlich ein einfaches Paar von Geschlechtsdrüsen, während alle übrigen Echinodermen mehr (meist fünf) Paare besitzen, und können daher mit den Meerurnen auch zur Oberklasse der Monorchonien zusammengefaßt werden, denen dann die übrigen Echinodermen als Pentorchonien gegenüberzustellen wären. Die in den kambrischen Schichten beginnenden und in den carbonischen bereits aussterbenden, nach ihrer Form sogenannten Meeräpfel eröffnen die Gruppe der Anthodiaten, d. h. der um die Mundöffnung mit einer Ambulacralrosette versehenen Stachelhäuter. Die Ambulacralfüßchen, die bei den Meerurnen nur in einem engen Kranze um die Mundöffnung standen, rücken bei ihnen auf den Radien des fünfstrahligen Sternes, der die Mundöffnung umgiebt, über weitere Zonen des Körpers hinaus, so daß sie manchmal, wie bei Mesites (Fig. 180), weit auf die Rückenfläche übergreifen. Die große Mehrzahl der Meeräpfel war mittelst eines dem Mundpole gegenüberliegenden Stieles am Boden festgewachsen und besaß meist keine oder nur wenige freie, um den Mund gestellte Fiederchen, wie die Haarsterne. In ihnen scheint sich das fünfstrahlige (pentaradiale) Grundschema der spätern Strahlthiere erst befestigt zu haben, denn noch kommen

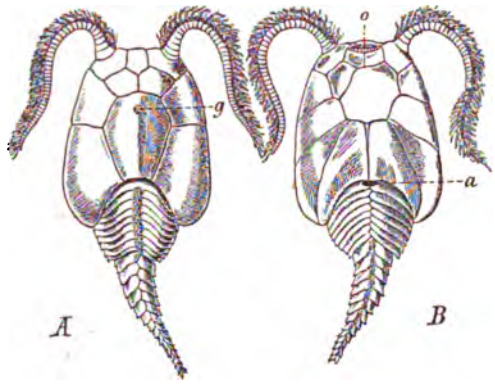


Fig. 179.
Placocystis crustacea Häckel. Restaurirt. A Rücken-, B Bauchansicht. o Mund, a Kloake, g Geschlechtsöffnung.

Fig. 180.
Mesites Pusireffskii aus dem russischen Untersilur. Rückenansicht.

unter ihnen einige dreizählige Formen vor, die gleich den zweizähligen Seeurnen ohne Nachfolge ausgestorben sind. Zu diesen dreizähligen Meeräpfeln gehört die Gattung Hemicosmites (Fig. 181), bei der die Mundöffnung mit 3 bis 6 dünnen Aermchen (Brachiolen) umstellt war, den Vorboten der Haarstern-Fiedern.

Schon Leopold von Buch wollte in den Meeräpfeln eine Art Stammgruppe der Echinodermen erkennen und Neumayr hat sich in unsern Tagen dieser Meinung angeschlossen. Wenn dieser Anspruch nun auch, wie wir gesehen haben, einfacher gebauten Formen zuzuweisen ist, so läßt sich nicht läugnen, daß ihnen eine Art Mittelstellung zukommt, und daß thatsächlich die vielgestaltigen Meeräpfel nähere Beziehungen, sowohl zu den niedersten Echinodermen, wie zu den Knospenlilien, Haarlilien, Seesternen, Holothurien und Seeigeln darbieten, als irgend eine andere. Man kann sie daher für die jüngern Abtheilungen als sogenannte synthetische Gruppe, in der die Kennzeichen der andern Gruppen noch vereinigt sind, bezeichnen. Während z. B. die Gattung Mesites (Fig. 180) bedeutsame Uebereinstimmungen mit den ältern Seeigeln aufweist, erinnerten Cystoblastus, Hemicosmites (Fig. 181) und andere Cystoideen-Gattungen mit enger Mundrosette an die Knospenlilien und Haarlilien, die Ascocystiden leiten zu den Holothurien hinüber und gewisse scheibenförmige Formen, wie der mit dem Rücken flach auf Muschelschalen, Steinen und dergl. festwachsende Lepidodiscus (Fig. 182) sind früher abwechselnd zu den Meeräpfeln und zu den Seesternen gestellt worden, bis man ihnen nun endgültig ihren Platz bei den ersteren angewiesen hat.

Fig. 181.
Hemicosmites pyriformis.
Aus dem unterssilurischen System Rußlands.

Das Anthodium liegt hier wie ein Schlangenstern mit gebogenen Armen, in der Mitte den Mund einschließend, auf dem scheibenförmigen Körper, zwischen den beiden hintern Armen sieht man die mit einer Klappenpyramide bedeckte Ausgangsöffnung. Eine Menge anderer höchst abweichender Formen sind ohne alle Nachfolge und Homologie in der spätern Lebewelt geblieben.

Da sich an die uralte Klasse der Meeräpfel alle übrigen Echinodermenklassen anschließen, so ist es ziemlich gleichgültig, in welcher Reihenfolge wir sie ihnen folgen lassen wollen; es scheint aber naturgemäß, ihnen die gestielt bleibenden Formen, die mit den vorbehandelten von Leuckart zur Oberklasse der Stielthiere (Pelmatozoen), von denen aber nicht alle gestielt waren, zusammengefaßt wurden, zunächst folgen zu lassen, da sie zugleich zu denen gehören, die theils gänzlich ausgestorben, theils in der Gegenwart nur noch durch wenige jüngere Formen vertreten sind. Die

Knospenlilien oder Knospenstrahler (Blastoideen), von denen schon gesagt wurde, daß sie sich den Cystoblasten unter den Meeräpfeln nahe anschließen, sind seit der Devonzeit an die Stelle der damals aussterbenden ältern Pelmatozoen (Meerurnen und Meeräpfel) getreten, freilich nur für eine verhältnißmäßig kurze Herrschaftsperiode, da sie schon im Laufe der Steinkohlenformation ebenso vollständig erloschen sind, wie ihre Vorgänger. Ihr Name erklärt sich, weil die Mehrzahl der hierher gehörigen Arten, bei im allgemeinen ähnlicher Form, die anmuthige Erscheinung eben aufbrechender Blüthen darboten, bei denen an der Spitze des halbgeöffneten Kelches die fünf Blumenblätter zwischen den fünf Kelchzipfeln hervorblicken (Fig. 183). Die fünf Ambulacralfelder sind hier nämlich

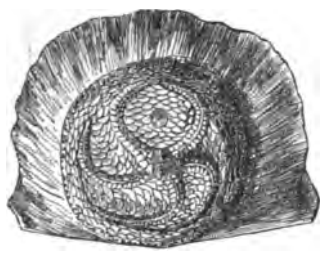


Fig. 182.
Lepidodiscus (Agelacrinus) cincinnatiensis. Untersilur Nordamerikas.

Fig. 183.
Pentremites sulcatus.
Aus dem Kohlenkalk.

Fig. 184.
Granatocrinus Norwodii.
Aus dem Kohlenkalk.

mit feinen, nach oben gerichteten Fiedern besetzt, die bei einzelnen Arten, wo die Felder bis zum Stiel herablaufen, etwas länger wuchsen. (Fig. 184.) Gewöhnlich ist der Kelch dieser an Stielen sitzenden Knospenlilien ein vollkommen regelmäßiger nur bei wenigen seltenen Arten des Devon und Kohlenkalk (Eleutherocrinus, Astrocrinus und Pentephyllum) hat sich der eine Strahl beträchtlich verbreitert und der sonst regelmäßig fünfstrahlige Kelch erinnert nun an denjenigen einer Rachen- oder Lippenblume. Man bemerkt zugleich, daß diese abweichenden Knospenlilien, die man auch als Unregelmäßige (Irregulares) den Regelmäßigen (Regulares) gegenüberstellt, keinen Stiel besitzen; sie haben sich also allem Anscheine nach von dem Stiele gelöst und durch das Kriechen am Meeresboden die Unregelmäßigkeit ihrer Kelchbildung erlangt, wie wir ganz ähnliche Bildungen und Verschiebungen bei den Seeigeln in großer Zahl finden werden. Es ist dies ein schöner Beweis, daß die scheinbare regelmäßig-strahlige Bildung dieser von einem zweiseitig symmetrischen Grundstamme herkommenden Thiere nur der Festsetzung an einem Stiele zu danken war.

Auch die Haarlilien (Crinoideen), die diesen Namen freilich erst in ihren jüngern Formen mit Recht tragen, traten sehr früh und bald mit

bedeutender Formenmannigfaltigkeit auf den Schauplatz. Sie schließen sich an diejenigen Meeräpfelformen an, die um die Mundöffnung außer dem allen zukommenden Kreise von Schwellfüßchen oder Ambulacral-Tentakeln einen solchen von kalkig eingepanzerten dünnen Armen (Brachiolen) entwickelten, deren anfangs nur geringe Zahl (drei bei Hemicosmites Fig. 181) sich bei andern (z. B. Hexalacystis) verdoppelt, bei Enneacystis verdreifacht und bei Caryocrinus durch Gabelung der Arme vervierfacht hatte. Wir sahen, daß die Zahl der Mundarme nach der Reihe 2, 3, 5 (und deren Vielfachen) fortgeschritten ist, zahlreiche Meeräpfelgattungen, wie Sycocystis, Echinocystis, Cryptocrinus und Hypocrinus zeigten in ihren Mundarmen bereits die später typisch gewordene Fünfzahl. Man muß sagen, daß sie demnach ziemlich unpassend nach der Blume der Unschuld (Seelilien, Meerlilien, Haarlilien) getauft worden sind, denn bekanntlich besitzt doch gerade die Lilie sechs Blumenblätter, während die oft wunderbar zierlich gebauten Blumenkelche der Haarlilien gleich der Mehrzahl der viel später erblüheten Blumen des Festlandes mit wenigen Ausnahmen nach der Fünfzahl gebaut sind. An Lilien hätten also höchstens jene älteren sechszähligen Meeräpfel erinnern können, deren plumper Kelch aber nicht Blumen irgend welcher Art glich.

Fig. 185.
Cupressocrinus aus dem Kohlenkalk.

Auch die Crinoideen im engern Sinne begannen mit plumpen und massigen Formen, als ein Typus, der sich erst im Laufe ungezählter Jahrtausende zur Zierlichkeit aufschwang. Bei den ältesten Haarlilien waren die Kelche und Arme dick und massig entwickelt, die letzteren höchstens ein- oder zweimal getheilt, und die Glieder dann meist mit kurzen, den Gliedanhängen der Ringelwürmer entsprechenden Fiedern versehen (Fig. 185). Bei diesen älteren Haarlilien, welche bereits im Kohlenkalk ihre Glanzzeit erreichten, und deren letzter Sproß am Ende der Primärzeit (in der permischen Periode) ausstarb, sind Kelch und Arme mit Platten besetzt, die ohne Gelenkleisten nebeneinander liegen. Auf diese, deshalb Tafellilien (Tesselaten) genannten, im Allgemeinen plumperen Formen folgten schon zur Zeit der Kohlenkalk-Bildung einzelne Vorläufer der ungleich zierlicher und beweglicher gebauten Gliederlilien (Artikulaten, Fig. 186 u. folg.) mit durch Gelenke verbundenen Plättchen, die in der Jura- und Kreidezeit den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreichten, seitdem aber beständig wieder

abnahmen und nur in einzelnen Vertretern auf unsre Zeit gekommen sind. Daß die neueren Haarlilien (Neokriniden) von den alten Haarlilien (Paläokriniden) abstammen, beweisen einige merkwürdige Arten, wie z. B. Allagecrinus Austini aus dem Kohlenkalk, deren Jugendformen die Charaktere der paläozoischen Tesselaten und zwar speziell der Haplokriniden darbieten, während das erwachsene Thier bereits zu den Artikulaten ge-

Fig. 186. Encrinus liliiformis aus dem Muschelkalk. Ein Drittel der natürl. Größe. Darunter ein Stielglied (Räderstein), natürl. Durchmesser.

Fig. 187. Eugeniacrinus caryophyllatus aus dem weißen Jura von Streitberg in Franken. Darüber der Kelch. (Natürliche Größe.)

Fig. 188. Apiocrinus Roissyanus aus dem Korallenkalk von Tonnerre (Yonne). Ein Drittel der natürlichen Größe. Nach d'Orbigny restaurirt.

rechnet werden muß. Indessen zeigt auch diese Art, welche also die Charaktere der Tesselaten und Artikulaten vereinigt, noch eine den sämmtlichen alten Haarlilien gemeinsame Unregelmäßigkeit der Plattenanordnung, die bei den jüngern verschwindet, weshalb man sie auch als Irregularia und Regularia einander gegenüberstellt.

In den Meeren der Juraperiode setzten die graziösen Gestalten der jüngern Haarlilien am Fuße der Korallenbauten oft wahre Dickichte von einer märchenhaften Schönheit zusammen, oder siedelten sich mit ihren gelenkigen, jeder Wellenbewegung folgenden Stielen und Armen zwischen den

Klippen fest. Zwei Gattungen (Apiocrinus und Pentacrinus) scheinen besonders häufig gewesen zu sein, denn die runden, gegen den Kelch allmälig verbreiterten Stengelglieder der ersteren und die fünfeckigen, mit einem schönen Sterne gezierten Stengelglieder der letzteren setzen ganze Lagen jener Schichten zusammen. Ihnen gesellten sich die kleinen gedrungenen Gestalten der Nelken-Haarlilien (Fig. 187), so genannt, weil ihr Kopf einer Gewürznelke glich. Bei den Apiokriniden (Fig. 188) traten die schlanken, oft sehr hohen Stengel meist zu mehreren aus derselben Wurzel hervor und trugen auf dem birnförmigen, nur einen beschränkten Raum für die Magenhöhle lassenden Körper eine hübsche, wenngleich nicht allzu große Sternblume. Während der Hauptreiz der Angehörigen dieser Gattung mehr in der Schlankheit und Eleganz des gegen Kelch und Wurzel sanft anschwellenden, säulenförmigen Stieles lag, trugen die ungeheuer langen fünfkantigen Stiele der Pentacrinus-Arten — Quenstedt hat sie in einem Falle fünfunddreißig Fuß weit im Gestein verfolgt, ohne die Enden zu erreichen — eine Wunderblume ohne verdickten Kelch, deren Strahlen erst wiederholt gablig getheilt sind, während die Endspitzen dann so unendlich zart gefiedert erscheinen, daß die letzten Endungen nach vielen Tausenden, die Gliedstücke nach Millionen zählen. Trotz dieser bis in's Unendliche gehenden Gliederung stehen die Haarlilien keineswegs besonders

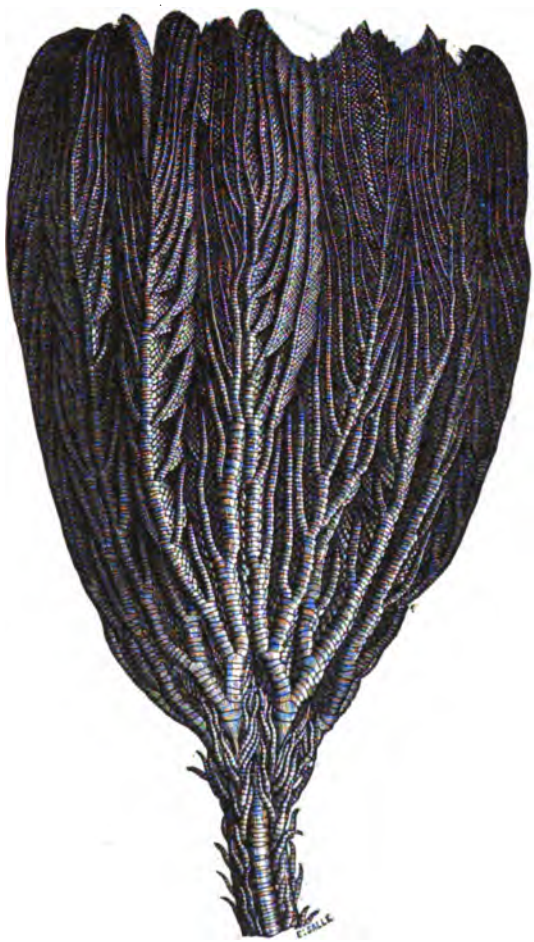


Fig. 189.
Pentacrinus fasciculosus. Aus dem Liasschiefer von Boll in Württemberg.

hoch in der Wesenreihe und es zeigt sich hierdurch deutlicher als irgendwo, daß nicht die Zahl gleichwerthiger, sondern nur diejenige ungleichwerthiger

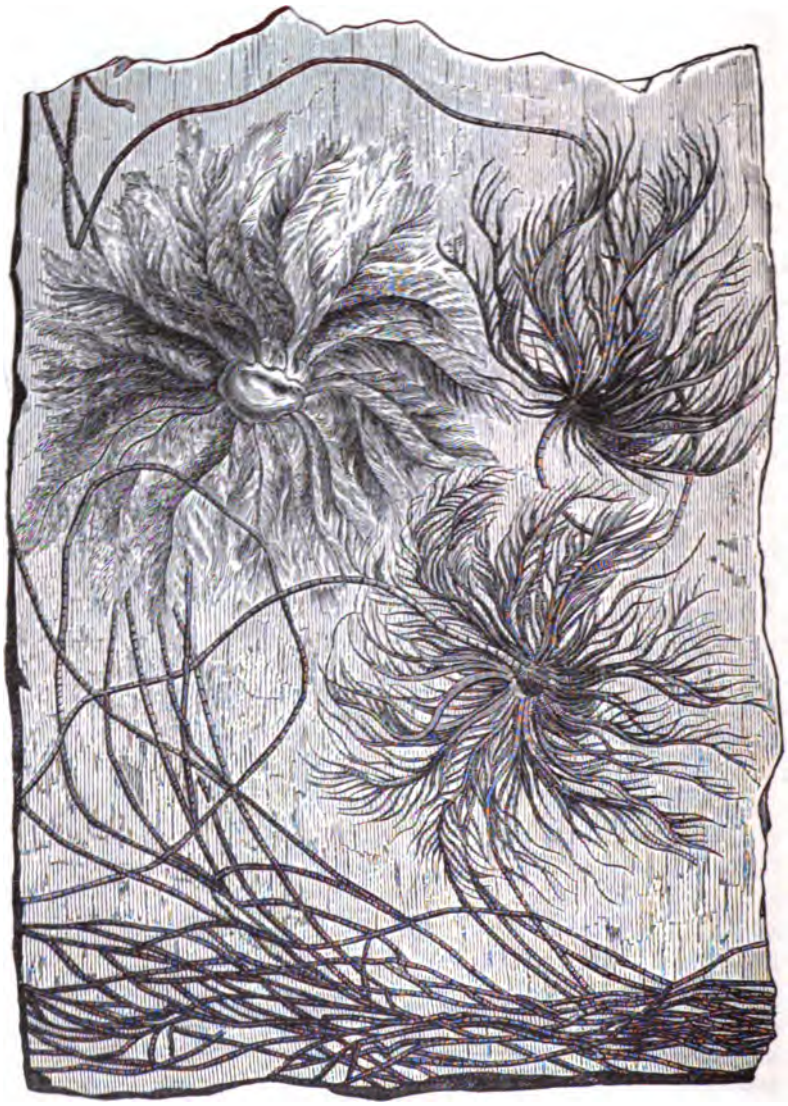


Fig. 190.
Platte mit Pentacrinus colligatus aus dem obern Lias von Holzmaden (Württemberg).

Gliedmaßen den Rang eines Wesens über seines Gleichen erhöhen kann (Fig. 189). Bei einzelnen dieser herrlichen Formen scheinen sich auch die

langen schlanken Stengel zu einem Flechtwerk verbunden zu haben, einen „Garten der Nereiden" von märchenhafter Pracht bildend. Die Abbildung Fig. 190 zeigt eine Platte aus dem Stuttgarter Naturalienkabinett mit solchen verschlungenen Stielen.

Von der letztgenannten, schönsten Gattung der Haarlilien hatte man eine einzelne seltene Art (**Pentacrinus caput Medusae**) in einigen wenigen Exemplaren lebend gefunden, aber die Apiokriniden und ihre Verwandten hielt man seit undenklichen Zeiten für ausgestorben. Allein vor einer Reihe von Jahren zog der mehrerwähnte Pastor Sars an der norwegischen Küste aus einer Tiefe von 1800 Fuß eine Meerlilie hervor, die den Haarlilien der Jurazeit außerordentlich nahe steht, und gleichsam ein lebendes Fossil vorstellt. Sie wurde von dem jüngern Sars, der sie 1866 in der Nähe der Lofoten fand, **Rhizocrinus lofotensis** (Fig. 191) genannt, allein die Tiefseeforschungen zeigten, daß sie auf dem Grunde des atlantischen Oceans an ungeheuer weit von einander entfernten Orten, z. B. im mexikanischen Meerbusen ebenfalls lebt. Ihre Zergliederung hat den Naturforschern wichtige Aufschlüsse über die Organisation der Weichtheile jurassischer Haarlilien ergeben. Den Naturforschern des amerikanischen Schiffes Haßler gelang es, auf ihrer Expedition von 1871—72 eine solche den Apiokriniden nahestehende Meerlilie lebend aus der Tiefe emporzuziehen und sie am Bord des Schiffes mit Muße zu beobachten. So lange die Thierblume geschlossen war, blieben auch die Fiederchen der Arme gegen

Fig. 191.
Wurzelhaarlilie (Rhizocrinus lofotensis).
1½ der natürlichen Größe.

dieſelbe angedrückt, aber in demſelben Grade, wie die Krone ſich öffnete, breiteten ſich dieſe Fiederchen ſeitlich aus. Dabei krümmten ſich die Arme nach außen zurück, ſo daß ſie ſich zuletzt im Rücken berührten und die ganze Erſcheinung einer Türkenbundlilie glich. Wurde das Thier beunruhigt, ſo legten ſich zuerſt die kleinen Fiederchen an die Arme, dann näherten dieſe ſich einander und das ganze Gebilde ſchloß ſich langſam und feierlich. Ohne Zweifel war es ein aufregendes Schauſpiel, dieſe Regungen eines Lebens zu beobachten, welches man längſt erſtorben wähnte, an einem Thiere, deſſen Verwandten die Korallenbänke des Jurameeres in dichten Schaaren bevölkerten. Noch ein Vorgang beim Sterben des Thieres bewies, wie ſehr, trotz der ungeheuren inzwiſchen verfloſſenen Zeit, das Thier den Gewohnheiten ſeiner Ahnen treu geblieben iſt. Es zerbrach im Sterben ſeine Arme ſelbſt, wie es die meiſten Apiokriniden thaten, deren Kelche ſich desbalb ziemlich allgemein ohne Arme finden. Dieſe offenbar auf einer Art unwillkürlichen Krampfes beruhende Anlage zur Selbſtzerſtörung iſt auch bei verſchiedenen Seeſternen, Holothurien und Krebſen beobachtet worden. Bei einem zu den mehrarmigen Seeſternen gehörenden Thier, **Luidia fragilissima**, iſt dieſe Anlage, im Sterben oder bei unſanfter Berührung ſich in tauſend Stücke zu zerſprengen, ſo weit ausgebildet, daß man, um es für naturhiſtoriſche Sammlungen zu präpariren, eine beſondere Liſt anwenden muß. Man taucht es nämlich unverſehens in Süßwaſſer, welches auf dieſes Thier wie Gift wirkend, einen ſo plötzlichen Tod herbeiführt, daß der zerſtörende Krampf nicht zur Wirkung kommen kann. Daraus, daß man mehrere Gattungen dieſer Haarlilien älterer Familien in neuerer Zeit in größeren Tiefen auf dem Meeresboden gefunden hat, haben einige Naturforſcher ſchließen wollen, daß ſie, früher in geringerer Meerestiefe lebend, ſich dahin zurückgezogen hätten, weil ſie nur dort den größeren Druck und das mindere Licht fänden, was ſie früher in geringeren Meerestiefen anzutreffen gewohnt waren. Allein der zarte Bau der meiſten Gliederlilien ſcheint anzudeuten, daß ſie von jeher für Seetiefen organiſirt waren, die wenigſtens nicht mehr von den Stürmen der Oberfläche aufgewühlt werden. In der That hat man bei der Challenger-Expedition aus Tiefen von fünfhundert bis zweitauſend Faden zahlreiche lebende Pentacrinus-Arten emporgezogen, einmal fünfzig Exemplare mit einem einzigen Schleppnetzzuge.

Fig. 192.
Comatula mediterranea.

Wenn in dem vollſtändigen Erſatz der Tafellilien durch die ſie ablöſenden Gliederlilien eine zweifelloſe Vervollkommnung des Typus ausgedrückt iſt, ſo war damit der Entwicklungskreis noch keineswegs beendet.

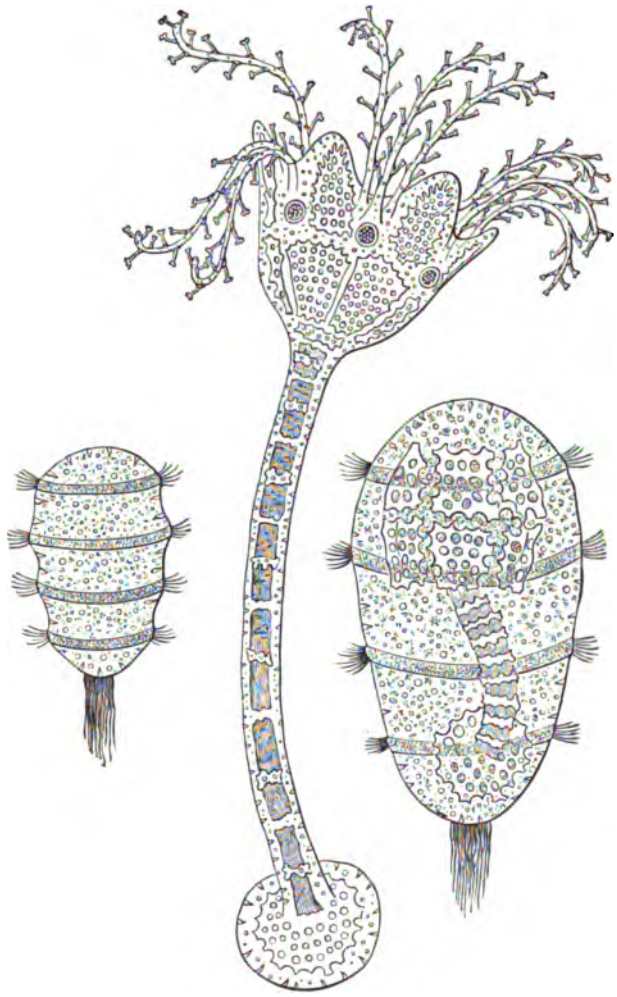


Fig. 193. Fig. 195. Fig. 194.
Entwicklung von Comatula rosacea nach Thomſon und Carpenter.

In der Jurazeit trat vielmehr noch eine neue Abtheilung der Pelmatozoen auf, welcher die Mehrzahl der jetzt noch lebenden Vertreter derſelben angehört, die Haarſterne oder Comatuliden, während die Haarlilien, wie geſagt, ſeit ihrer Blüthezeit im Jurameere auf dem Ausſterbe-Etat ſtehen. Sie haben eine Entwicklung, die an die oben beſchriebene Entwicklung der

Medusen aus Hydroid-Polypen erinnert, obwohl hier stets aus jeder mit ihrem Fuße festgewachsenen Haarlilie nur e i n Haarstern hervorgeht. Die Blume macht sich in ihrem Alter von dem Stengel los, schwimmt und kriecht, die kürzern innern Arme (Fig. 196) als Haltorgane benützend, auf Klippen, Tangen, Korallenstöcken u. s. w. umher. Von diesen letzten Nachkommen des Haarlilien-Geschlechts leben noch mehr als dreißig Arten

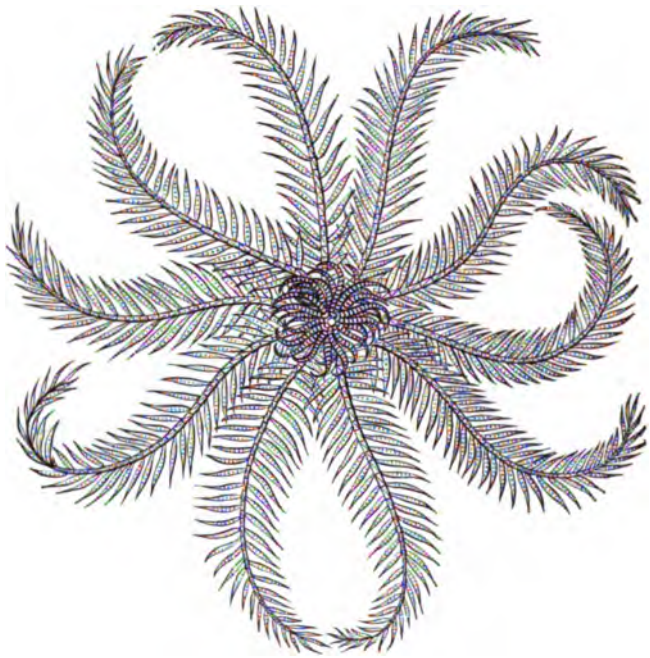


Fig. 196.
Comatula rosacea, im vollendeten Haarstern-Stadium.

(Fig. 192) in allen Meeren, während die eigentlichen Haarlilien bis auf eine bescheidene Zahl in den größten Meerestiefen lebender Arten, zusammengeschmolzen sind. Die jüngsten ihres Stammes durchlaufen aber in ihrem Dasein fast die ganze Geschichte ihres Geschlechtes. Es verlohnt sich deshalb, ihre Entwicklung, welche Wyville Thomson und Carpenter an **Comatula rosacea** studirt haben, etwas genauer zu betrachten. Die Larve verläßt das Ei in Gestalt einer tönnchenförmigen Wurmlarve mit gewimperten Bändern und einem Haarschwänzchen (Fig. 193). Allmälig sieht man in derselben einen gestielten kolbenförmigen Körper hervorsprossen (Fig. 194), der, nachdem die Larve sich an irgend einem Gegenstande festgesetzt und ihre Wimpern verloren hat, durch Hervortreiben zarter Arme sich in eine Haarlilie verwandelt (Fig. 195). Die Aehnlichkeit mit einer

Haarlilie ist jetzt so vollständig, daß früher die jungen festgewachsenen Haarsterne mehrfach mit Haarlilien verwechselt wurden. Auch hat Professor Ludwig in neuerer Zeit nachgewiesen, daß die jungen Haarsterne genau die von dem erwachsenen Haarsterne verschiedene, innere Organisation der juraſſischen Haarlilien (und ihrer lebenden Nachkommen) besitzen, so daß hier die vollständigste Parallele zwischen der Entwicklung des einzelnen Individuums und der des gesammten Geschlechts vorliegt. Der vermeintliche Pentacrinus (Fig. 195) wächst beträchtlich, erleidet noch mancherlei Umwandlungen und verläßt endlich als freier Haarstern seinen Stiel (Fig. 196), um mithin nach so mannigfachen Wandlungen wieder ein frei bewegliches Thier zu werden wie die Urahnen des Stammes. Wir beobachten in diesem Vorgange besonders deutlich die noch in unzähligen andern Beispielen hervortretende Thatsache, daß in der persönlichen Entwicklung nur die jüngsten Wandlungen des Geschlechtes mit größerer Deutlichkeit hervortreten, während die ältern zu einem schwer enträthselbaren „Knäuel" zusammengeschoben wurden, so daß höchstens die einfachsten Anfangsstufen, wie die Gasträa und auch diese nicht immer deutlich erkennbar bleiben.

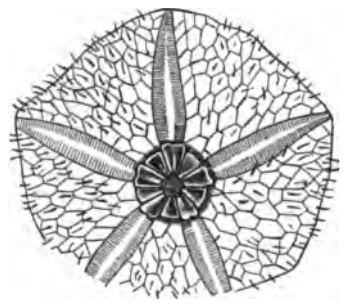


Fig. 197.
Palaeodiscus ferox aus englischem Obersilur.

Die Asterozoen oder Sternthiere, welche in die Unterklassen der Seesterne (Asteroideen) und Schlangensterne (Ophiuriden) zerfallen, lassen sich unschwer von den scheibenförmigen Meeräpfeln, wie Agelacrinus und Lepidodiscus (Fig. 182) herleiten und gewisse scheibenförmige Seesterne, wie Palaeodiscus ferox (Fig. 197) erinnern unmittelbar an dieselben. Es darf aber hierbei nicht vergessen werden, daß es sehr alte Seesternformen giebt, da sie bereits im untern Silur vollkommen in ihrer Eigenart entwickelt auftreten; sie müssen sich also sehr früh von den Pelmatozoen abgetrennt haben. In gewissem Sinne kann man sie als umgekehrte Pelmatozoen betrachten, die ihre Rückenseite, mit der sie an den Stiel und Boden befestigt waren, nach oben gekehrt haben, während der bei den Stielthieren oben stehende Mund nunmehr nach unten gekommen ist und dem Boden zugekehrt wird. Dreht man einen See- oder Schlangenstern um, so daß der Mund nach oben kommt, wie in Figur 197, so entspricht diese Unterseite offenbar der Kelchdecke der Pelmatozoen. In dieser Stellung haben dann die drei Hauptorgan-Kreise (Ambulacral-, Blutgefäß- und Nervenstrang bei Asterozoen und Pelmatozoen) genau dieselbe Lage und die Homologie mit dem Ambulacrum, beispielsweise einer Knospenlilie, kann gar nicht zweifelhaft sein. (Vergl. Fig. 197.)

Das Geschlecht der Altsterne (**Palaeaster**), von dem Figur 198 eine etwas jüngere, aber im allgemeinen Bau nur wenig veränderte, spätere Art darstellt, ist nicht nur bereits in den untersten Silurschichten Europas und Amerikas vertreten, sondern angeblich schon in den kambrischen Schichten von Bala in Wales gefunden worden, so daß es mit Urnensternen und Meeräpfeln zu den ältesten überhaupt bekannten Echinodermen gehören würde. Dazu kommt, daß die Seesterne unter den Echinodermen unbedingt den gleichförmigsten und beständigsten Typus darstellen. Mit Erstaunen bemerkt man unter den Versteinerungen der ältesten Silurschichten echte Seesterne

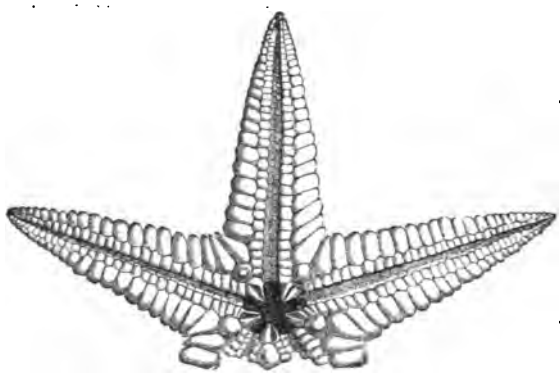


Fig. 198.
Palaeaster Eucharis, aus dem amerikanischen Devon. In natürlicher Größe von unten.

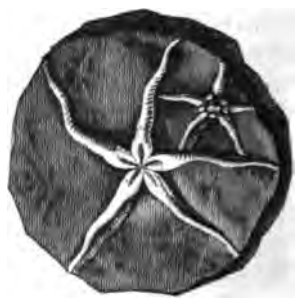


Fig. 199.
Asterias lumbricalis

und Schlangensterne, die in ihrer Gesammterscheinung so wenig von den noch heute lebenden Formen abweichen, daß die genaueste Untersuchung nöthig ist, um wirklich einige kleine Unterschiede zu finden. Alle übrigen Echinodermen haben im Laufe der Zeiten nachweislich viel tiefer gehende Wandlungen erfahren, was meist ein Zeichen jüngerer Abkunft ist. Ein Umstand verdient indessen hier Beachtung, nämlich der Bau der auf der Mittellinie der Unterseite der Arme verlaufenden **Ambulacralfurchen**, die ein Wassergefäß aufnehmen, und deren Platten bei **Palaeaster** und den meisten ältesten Seesternen ähnlich wie an den Armen der Crinoideen alterniren, während sie bei den jüngeren Seesternen einander gegenüberstehen. Man rechnet daher auch jene ältesten Seesterne zu einer Gruppe, die man als diejenige der Crinoideen ähnlichen Seesterne (**Encrinasteriae**) bezeichnet. Ihnen folgten aber die mit dachförmig geneigten, in der Mitte der Ambulacralfurche zusammenstehende Platten versehenen jüngeren noch fortlebenden Seesterne (**Euasteriae**) schon in paläozoischen Zeiten.

Unter den jüngern Seesternen giebt es gegenüber den Formen, bei denen sich die Arme gar nicht über die Scheibe erheben (Fig. 197), auch solche, die gänzlich aus den fünf Armen zu bestehen scheinen, wie **Asterias**

lumbricalis (Fig. 199) aus dem mittleren Lias. Solche Formen waren es hauptsächlich, welche die ältere, nun aufgegebene Hypothese begünstigten, die Seesterne stellten einen Würmerstock dar, aus fünf mit einander zur Einheit verschmolzenen Würmern, wie wir solche zu einem Stern verschmolzene Würmer mit gemeinsamer Kloake, die aus einem Einzelwurm hervorsprossen, früher kennen gelernt haben (Fig. 175). Die Entwicklungsgeschichte der Echinodermen konnte eine solche Hypothese bis zu einem gewissen Grade unterstützen und auch die Selbständigkeit der Arme, die losgelöst bei vielen

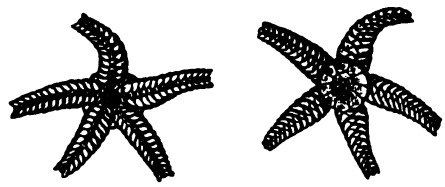


Fig. 200.
Aspidura loricata aus den Triasschichten.

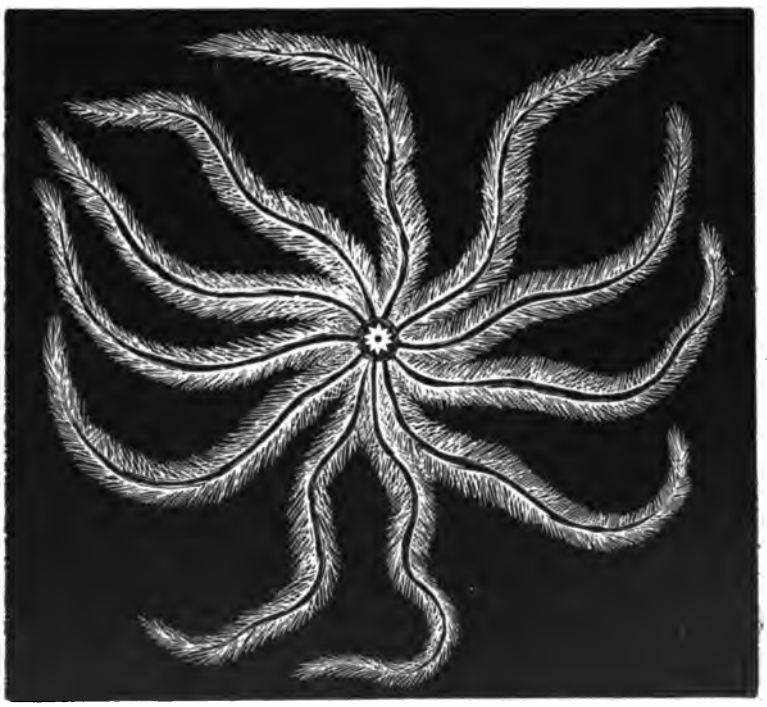


Fig. 201.
Brisinga endecacnemos.

Arten den ganzen Seestern neu erzeugen (vergl. S. 158), schien dafür zu sprechen, aber man hätte bei der Deutung der Echinodermen als fünftheiligen Würmerstock nachweisen müssen, daß die Seesterne wirklich die ältesten aller Echinodermen, von denen alle andern Klassen herstammen, wären, und dieser Nachweis stieß auf Schwierigkeiten.

Schon in den älteſten Meeren miſchten ſich unter die echten Seeſterne die durch Uebergangsglieder mancherlei Geſtalt vermittelten ſogenannten Schlangenſterne oder Ophiuriden, bei denen das Mittelſtück, welches die Verdauungswerkzeuge aufgenommen hat, ſich mehr und mehr zur ſelbſtändigen Hauptperſon, in Geſtalt einer runden oder eckigen Scheibe ausgebildet hat, an welcher die ſcharf abgeſetzten, oft ſchlangenförmig verlängerten, viel gegliederten, furchenloſen Arme ſitzen (Fig. 200). In der heutigen Lebewelt ſtehen ſich die echten Seeſterne und die Schlangen-

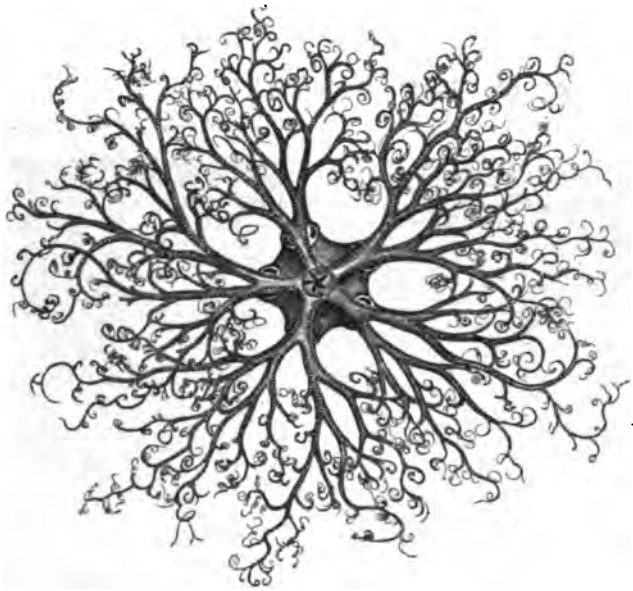


Fig. 202.
Meduſenhaupt (Astrophyton verrucosum).

ſterne ſo unvermittelt gegenüber, daß man an ein vollſtändiges Ausſterben jener zahlreichen Mittelformen denken mußte, bis vor etwa zwanzig Jahren der ſchwediſche Naturforſcher Absjörnſen aus einer großen Tiefe des Hardanger Fjords einen elfarmigen Seeſtern (Brisinga Fig. 201) emporzog, der eine deutliche Uebergangsform zwiſchen beiden Familien darſtellt, und daher in keiner von ihnen unterzubringen war, weil er nur in der Vorwelt nähere Verwandte beſaß. So werden unſere Kenntniſſe von den Verwandtſchaftsverhältniſſen der Lebeweſen noch beſtändig ergänzt und gar mancher neue Fund, welchen die Tiefſeeforſchungen unſerer Zeit an den Tag brachten, eignete ſich, eine längſt gefühlte Lücke der Weſenreihen auszufüllen.

Nicht ganz ſo ſicher iſt die dritte Ordnung der Seeſterne, die der Meduſenhäupter oder Euryaleen, deren Arme nicht mit Schildern bedeckt

sind und sich gewöhnlich mehrfach verästeln, unter den fossilen Formen nachgewiesen. Doch kennt man einige stacheltragende Seesterne des obern Silur und Kohlenkalk, die wahrscheinlich zu dieser Gruppe gehört haben. In der Neuzeit sind sie durch mannigfache Formen vertreten, unter denen das Medusenhaupt (Fig. 202) eine der schönsten ist. Ihre Entwicklungsgeschichte zeigt, daß die verästelten Arme aus einfachen Armen hervorgegangen sind, was allerdings von selbst verständlich erscheint.

Die fünfte Hauptklasse der Stachelhäuter, die der Seeigel oder Echinoideen, scheint in ihrem arm- und stiellosen, rundlich geschlossenen Bau kaum noch eine äußere Aehnlichkeit mit den lebenden Vertretern der andern Klassen darzubieten, aber sobald man auf die alten Meeräpfel zurückgeht, trifft man eine so reichliche Menge von Uebereinstimmungen, daß an einem gemeinsamen Ursprung nicht gezweifelt werden kann. Beide zeichnen sich durch eigenthümliche Poren in den Kalkplättchen aus, welche letzteren von sechseckiger Form in der Haut (Perisom) abgelagert werden. Der oben (Fig. 180) abbildete Mesites bietet, obwohl man ihn zu den Meeräpfeln rechnet, beinahe ebensoviel Berührungspunkte mit den Seesternen, wie mit den ältesten Seeigelformen dar. Zwischen den Seesternen und Seeigeln besteht heute ein trennender Unterschied darin, daß die fünf radialen Wassergefäße, die von dem bei beiden Klassen auf der Unterseite befindlichen Munde ausstrahlen, bei den Seesternen frei in einer oberflächlichen Furche, (der Ambulakral-Furche oder -Rinne S. 320) verlaufen, während sie bei den Seeigeln von der getäfelten Schale bedeckt werden; die häutigen Fortsätze der Wassergefäße, die Ambulakralfüßchen, müssen deshalb durch Poren der Kalkschale nach außen treten, und dadurch entstehen auf jedem Seeigelgehäuse fünf mit Poren versehene, vom Munde zum Scheitel laufende meridionale Streifen, welche durch ebensoviele porenlose Felder von einander geschieden werden. Neumayr hat nun darauf aufmerksam gemacht, daß bei Mesites anscheinend ein Verhalten der Wassergefäßrinne vorhanden war, welches zwischen den jetzt für die beiden Klassen typischen Verhältnissen in der Mitte steht, die Rinne war gegen außen und gegen innen mit einer Reihe von Plattenpaaren bedeckt. Denkt man sich nun die äußere Plattenreihe weg, so ergiebt sich das Verhältniß der Rinne bei den Seesternen, verschwindet dagegen die innere, so würde der Bau dem der Seeigel entsprechen.

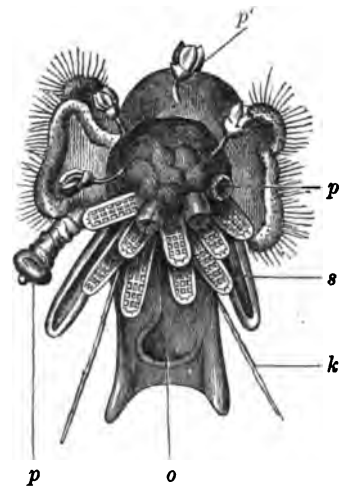


Fig 203.
Die junge Seeigellarve im letzten Stadium. k Rest des Kalkgerüsts der Arme, o Mund, p Füßchen (Pedicelli), p' Greifzangen (Pedicellaria), s Stacheln.

Die Entwicklungsgeschichte sagt uns bei den Seeigeln nicht viel Neues. Wie bei den meisten ihrer Verwandten sind die Larven Hochseethiere, die sehr früh in den Kampf ums Dasein hinausmüssen, und dazu allerlei Ausrüstungen bedürfen, die sich auf jeder Stufe in anderer Form erneuern und nachher von ihnen abfallen. Auf die Wimperschnurlarve, die denen der Holothurien und Seesterne (Fig. 177 A, B) ähnlich ist, folgt ein Pluteusstadium, welches an dasjenige der Seesterne (Fig. 178) erinnert. Die Larve hat, um sich schwimmend zu erhalten, lange starre, wie Balanzirstangen wirkende Arme entwickelt, durch welche sie von den Strömungen erfaßt und von dannen geführt wird. Dieser gesammte äußere Schwimmapparat geht wie gesagt verloren, während der innere Theil der Larve mit dem Verdauungsapparat in die fünfstrahlige Pentactula-Larve (Seite 306) übergeht. In dem letzten Stadium zeigen sich neben den Wimperresten schon die Greif- und Bewegungsorgane, Füßchen und Zangen (Fig. 203 p und p') der erwachsenen Seeigel, die gegenüber der leichtbeweglichen Larve träge am Boden kriechende Thiere sind.

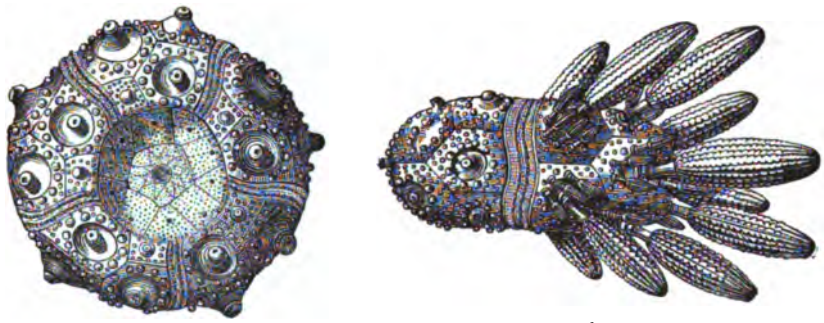
Fig. 204.
Palaeocidaris ellipticus. Aus dem Kohlenkalk.

Die Seeigel reichen in der Geschichte des Lebens nicht ganz soweit zurück, wie ihre muthmaßlichen Vorfahren, die Meeräpfel. Sie treten zuerst in den Schichten der unteren Silurformation mit wenigen seltenen Gattungen auf, die man als Altigel (Palechinoideen) bezeichnet. Sie unterscheiden sich von den jüngern Seeigeln (Euechinoideen), welche stets in ihrem Umfange zwanzig von einem Pole zum andern (meridional) verlaufende Täfelchen-Reihen zeigen, unter anderm dadurch, daß diese Zahl noch nicht so fest bestimmt ist. Es kommen unter den Altigeln sowohl solche Arten vor, die weniger als zwanzig, als solche, die viel mehr als zwanzig Reihen aufweisen. Die hier (Fig. 204) abgebildete Art gehört zu den letzteren und trug wohl keine Stacheln. Oft liegen bei diesen ältesten Seeigeln die Platten, statt durch Nähte verbunden zu sein, dachziegelförmig über einander, was dem Thiere eine leichtere Beweglichkeit sicherte. Nur in einer vereinzelten Linie, derjenigen der Echinothuriden, von der wir nachher sprechen, hat sich diese Beweglichkeit der Platten bis heute vererbt.

Die jüngern Seeigel (Euechinoideen) mit zehn ambulakralen und zehn interambulakralen Täfelchen-Reihen, zu denen alle heute lebenden Arten gehören, erschienen zuerst mit Beginn der Sekundärzeit in der Triasformation, nachdem die eben geschilderten Palechinoideen gleichzeitig mit den Knospenstrahlern im Steinkohlenzeitalter und in der permischen Periode vollständig ausgestorben waren. Wie sie die letzteren der Zeit nach ablösen, so kann kaum ein Zweifel sein, daß sie auch die Leibeserben derselben waren, denn die jungen Euechinoideen weisen noch heute mehrere charakteristische Kennzeichen der Palechinoideen auf, die bei ihrer Weiterentwicklung

verschwinden. Es ist eine durch die ganze Geschichte des Stammes verfolgbare Eigenthümlichkeit der Seeigel, daß die meisten Geschlechter nicht sehr langlebig waren und selten aus einer Erd-Epoche in die nächstfolgende übergingen, ohne sich erheblich verändert zu haben.

Als die älteste und Stammfamilie der jüngern Seeigel haben wir die Keulen- oder Turban-Igel (Cidariden) zu betrachten, welche die Reihe der regelmäßigen Seeigel (Regulares) eröffnen, bei denen die am Scheitel befindliche Auswurfsöffnung der auf der Mitte der Unterseite befindlichen Mundöffnung genau gegenübersteht und die Ambulakralfelder



a b

Fig. 205.

Cidaris coronata aus dem weißen Jura (Württemberg). a Von oben, b von der Seite, mit auf der einen Seite des Ambulakralstreifens restaurirten Stacheln.

einfach, bandförmig und untereinander gleich sind. Die Cidariden (Fig. 205), welche von der Triaszeit bis in die Neuzeit reichen, zeichnen sich durch schmale, mehr oder weniger wellenförmig gebogene Ambulakralstreifen aus, zwischen denen je zwei Reihen Platten mit großen Stachelwarzen stehen. Die Stacheln sind besonders kräftig und häufig keulenförmig verdickt (b); sie gaben im abgebrochenen Zustande, wie sie sich meist fossil finden, unter dem Namen Judensteine oder „Melonen vom Berge Karmel" früher ein beliebtes Pilgerwahrzeichen her.

Von den Cidariden lassen sich leicht und oft durch ganz vollständige Reihen die übrigen Familien der regelmäßigen Seeigel ableiten, unter denen die meisten bereits in der Jurazeit ihre Vertreter hatten, und, wenn auch in verminderter Anzahl, bis zur Gegenwart ausgedauert haben. Außer vielen andern allmälig zu verfolgenden Abänderungen ist bei ihnen namentlich eine Vermehrung und Verkleinerung der Warzen und Stacheln hervorzuheben. Die Verjüngung der Stacheln zeigt sich nicht immer in der Länge derselben, denn die Diadematiden, zu denen die in Fig. 206 abgebildete Goniopygus-Art gehört, und viele andre Familien tragen ziemlich lange Stacheln, aber sie sind dann meist dünn und ohne stärkere Anschwellung. Während die Jungen der heute lebenden Cidariden, nachdem

ſie einmal die typiſche Seeigelform erreicht haben, ſehr wenig durchgreifende Veränderungen mehr zeigen, gehen die jüngern Regulären ſtets durch einen der Grundform (Cidaris) ähnlichen Jugendzuſtand mit ſpärlichen, großen Warzen und gewaltigen Stacheln hindurch. Dieſe lehrreiche Umwandlung iſt beſonders auffallend bei denjenigen Regulären, die gleich den bald zu erwähnenden Irregulären dicht mit zahlreichen kleinen Stacheln bedeckt ſind (Fig. 207). Das ſpätere Vorwiegen der kurzſtachligen Arten erklärt ſich wohl ſchon dadurch, daß ihre Stacheln leichter von den in den Ambulakralreihen hervortretenden Schwellfüßchen, welche die Fortbewegung und das

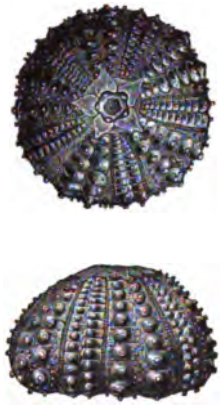


Fig. 206.
Goniopygus major von oben und von der Seite. Kreide

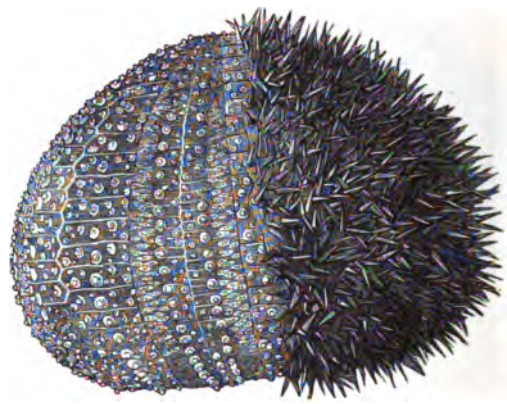


Fig. 207.
Seeigel mit halb von den Stacheln entblößter Schale.

Feſthaften der Seeigel vermitteln, überragt werden. Die Stacheln hat man früher wahrſcheinlich allzu einſeitig für Vertheidigungsmittel, gleich denen der Landigel angeſehen. Allein abgeſehen davon, daß ſie die Seeigel keineswegs vollſtändig gegen das Gefreſſenwerden ſchützen, haben ſie offenbar noch eine andere Thätigkeit, als Greiforgane, die einen Nahrungsbiſſen feſthalten und ihn, wie Eiſig beobachtete, nach dem Munde befördern, indem die in demſelben Meridian liegenden Stacheln ſich ſo bewegen, daß ſie den Biſſen immer neuen Nadelgruppen reichen, bis er zum Munde gelangt iſt. Unter die Stacheln miſchen ſich öfter förmliche Greifzangen (Pedicellarien), ähnlich denen der Moosthiere (vgl. S. 292), die auch ſchon an den Larven einzelner Arten (vgl. Fig. 203) auftreten. Auch an der Fortbewegung ſind die im Gelenk beweglichen Stacheln nicht ganz unbetheiligt, namentlich bei den Spatangiden, deren Schwellfüßchen ohne Saugſcheiben ſind. Mit den Schwellfüßchen ergreifen die Seeigel vielfach auch Fremdkörperchen, Muſchelſchalen, Scherben, Algenſtücke u. dergl., die ſie über ſich halten, um ſich darunter zu verſtecken, oder unter einer ſolchen unverdächtigen Hülle

auf Raub auszugehen. Dohrn beobachtete den kleinen, im Mittelmeer häufigen kurzstachligen Seeigel (Toxopneustes brevispinosus), der nicht weniger als 26 Muschelschalenstücke über seinem Rücken hielt, und nun, selbst unsichtbar, wie ein unschuldiges Häufchen Muscheln daherschob und unter dieser Maske Heuschreckenkrebse fing, denen er plötzlich zahlreiche Saugfüßchen auf die Schale setzt, um sie unentrinnbar festzuhalten. Andere Arten nähren sich vorzugsweise von Pflanzen, die sie förmlich abweiden.

Fig. 208.
Felsenküste mit Steinseeigel-Nestern zur Ebbezeit.
(Nach La Nature)

Die bisher betrachtete Abtheilung der regelmäßigen Seeigel ist mit einem äußerst kräftigen Kauapparat versehen, der die Gestalt einer fünfseitigen Pyramide besitzt und von Aristoteles mit einer Laterne verglichen worden war, weshalb er „Laterne des Aristoteles" genannt wird. Die nach außen gerichtete Spitze der Pyramide besteht aus fünf zusammengeneigten scharfen Zähnen, von denen jeder durch einen interradiären Kiefer bewegt wird. Mit diesen scharfen und spitzen Zähnen graben sich die sog. Steinseeigel gruppenweise tiefe Nester in den Felsboden der Küste (Fig. 208), in denen man sie zur Ebbezeit z. B. an den Küsten Frankreichs, Englands und Italiens massenhaft hausen sieht. Bei den unregelmäßigen Seeigeln (Irregulares), von denen wir alsbald sprechen werden, ist dieser Kauapparat theils viel schwächer entwickelt (bei den Schildigeln oder Clypeastriden), teils fehlt er ganz (bei den Ei- und Herzigeln, Cassiduliden und Spatangiden); diese Arten können sich demnach nicht Nester in den Felsen bohren, wie die Regelmäßigen.

Von dem in einem Ringe angeordneten Nervenapparat soll hier nur erwähnt werden, daß er oft mehr als tausend Schwellfüßchen und ebensoviele Stacheln zu regieren hat, durch deren gemeinsame Bewegungen das Thier fortschreitet oder rollt und die Nahrung zum Munde führt. Vor nicht langer Zeit entdeckten die Vettern Sarasin auf Ceylon einen prachtvollen regelmäßigen Seeigel (Diadema), dessen schwarzsammtenes Haut-

kleid mit hunderten leuchtend blauer Flecken überſäet war, die ſich unter dem Mikroſkop muſiviſch aus Sechsecken zuſammengeſetzt zeigten und Augen darſtellten! Wenn ſie ihre Hand den Seeigeln näherten, ſo richteten dieſe drohend ihre langen Stacheln nach der gefährdeten Richtung und waren ziemlich ſchwer zu ergreifen. Die Fortbewegung dieſer Thiere fordert unſre Aufmerkſamkeit heraus.

Wenn man ein ſolches, im Aeußern völlig regelmäßig gebautes Thier, ſei es nun ein regulärer Seeigel oder ein Seeſtern, durch abwechſelndes Anſaugen und Loslaſſen ſeiner unzähligen Schwellfüßchen dahinkriechen ſieht, ſo fällt ein eigenthümlicher Mangel dieſer Organiſationen alsbald ins Auge: die für ein kriechendes Thier ſeltſame Zielloſigkeit. Von einem

Fig. 209.
Galerites albogalerus. Aus der weißen Kreide. Von oben, von der Seite und von unten.

Vorwärtskriechen kann man bei ihnen kaum reden. An dem einen Ende jedes Armes (bei den Seeſternen) oder am Beginn der denſelben entſprechenden Ambulakralfurchen (bei den Seeigeln) ſitzt ein einfacher oder doppelter Augenfleck, welchem von ſeinen fünf oder zehn Augen ſoll aber das Thier folgen? Wir werden an den Tanz mehrköpfiger menſchlicher Mißgeburten erinnert; das ganze Verhältniß erſcheint uns als ein höchſt unzuträgliches, eine körperliche und geiſtige Fünftheilung, bei welcher der den Magen umgürtende Nervenring die Einſtimmung vermitteln muß. Ein kriechendes Thier, welches zwar ein oben und unten, eine Rücken- und Bauchſeite, aber kein vorn und hinten beſitzt! Das mag bei feſtgewachſenen Thieren, wie den Seelilien angehen, aber bei kriechenden Strahlthieren werden wir ohne Zweifel die allmälige Ausbildung eines Vorder- und Hinterendes als einen Fortſchritt, als die eigentliche Vollendung der durch Einziehung der Arme kräftig begonnenen Verſchmelzung zum Einheitsthier betrachten müſſen.

Gewiſſermaßen kann man dieſen beſonderen Entwicklungsgang durch die Grundlage der Fünfzahl für den Bau dieſer Thiere voraus bedingt finden. Ein fünfſtrahliges Thier iſt nicht mehr ſo vielſeitig ſymmetriſch wie ein vier-, ſechs-, acht- oder gar zwölfſtrahliges; es läßt ſich nur ſo in zwei Hälften theilen, daß man einen Strahl halbirt, und dieſe Hälften ſind nicht, wie in den andern Fällen, weiter in zwei ſymmetriſche Hälften

theilbar. Der fünfstrahlige Stern hat, wie er sich auch bewegen möge, eine zweitheilige Vorder- oder Hinterseite (das Bivium), der ein Dreispitz (Trivium), das Zeichen des Neptun, gegenüberliegt. Diese Annäherung an die allen höhern Thieren gemeinsame zweiseitige Symmetrie dürfte es erklären, warum von allen Meeräpfel-Nachkommen der Urzeit nur die fünftheiligen eine Zukunft gehabt haben, denn sie boten neben den nächst berechtigten drei- und siebentheiligen jedenfalls die für diesen Typus meistbegünstigte Zusammensetzung.

Wir haben erwähnt, daß der gemeinsame Verdauungs-Apparat an dieser Fünfstrahligkeit keinen Antheil nimmt und von seiner Lage geht daher, wie selbstverständlich, die Rückverwandlung in ein zweiseitig symmetrisches Thier, mit vorn und hinten, rechts und links, aus. Diese Veränderungen machen sich nach außen bei den Fossilien zunächst nur an der Veränderung der gegenseitigen Lage der vordern und hintern Oeffnung des Ernährungskanals bemerkbar. Während bei den regelmäßigen Seeigeln (Fig. 205—207), die in der Triaszeit noch das alleinige Regiment führten, heute aber in ihrer Artenzahl sehr beschränkt sind, der Mund in der Mitte der Unterseite, sein Gegenpol auf der des Rückens lag, beginnt bei einzelnen Seeigeln der Juraperiode die Austrittsöffnung ihre Mittelpunktsstellung am Scheitelpol des Thieres zu verlassen, während der Mund noch vorläufig seine zum Abgrasen der Tangwälder geeignetste Stellung im Mittelpunkt der Grundfläche bewahrte. Man kann sich denken, daß einer der fünf Strahlen nunmehr entschieden die Führung übernommen habe, denn wir sehen die obere Körperöffnung in der zwischen den beiden hintern Strahlen liegenden Zwischenzone rückwärts wandern, und zwar schrittweise von dem mittleren Theile des Rückens bis zum hintern Theile und endlich sogar auf die Unterseite, bis in die Nachbarschaft des noch immer seine centrale Stellung behauptenden Mundes. Es sind die in der Kreidezeit aussterbenden Galeriten (Fig. 209), bei denen sich dieser Vorgang allmälig vollendete. Bei den noch lebenden Rotula-Arten (Fig. 210) der westafrikanischen Küsten, die zu den Clypeastriden gehören, machen Einschnitte in die sehr flache, fast runde Schale die beginnende Unregelmäßigkeit noch augenfälliger.

Fig. 210.
Rotula Augusti.

Bald wird diese Gestaltwandlung im äußern Umriß und in der Vertheilung der Wasserfußstrahlen sehr bemerkbar. Die drei Strahlen des Vordertheils (Trivium) rücken näher zusammen, ja entfernen ihre Vereinigungsstelle zuweilen ganz von derjenigen der beiden andern (Bivium);

immer deutlicher tritt der vorderste Strahl als Mittellinie des Thieres hervor, während die andern vier zuweilen ein regelmäßiges Kreuz miteinander bilden. Der Umriß des Thieres nähert sich mehr und mehr der Eiform. Endlich beginnt auch der Mund aus der Mitte herauszutreten und sich auf der Mittellinie der Unterseite gegen das breitere Vordertheil des Thieres zu schieben. So entstanden die vollkommen zweiseitig symmetrischen jüngern, unregelmäßigen Seeigel (Irregulares), bei denen man wieder verschiedene Unterabtheilungen unterscheidet, solche, bei denen die Ambulakralstrahlen bandförmig über den Körper ziehen und der letztere meist eiförmig bleibt (Holasteriden Fig. 211) und solche, bei denen die Ambulakralstrahlen eine blumenähnliche Figur bilden und der Körper meist eine herzförmige Gestalt angenommen hat, die vom Volke „Schlangenherzen" genannten Herzigel (Spatangiden Fig. 212). Die Letztgenannten, welche

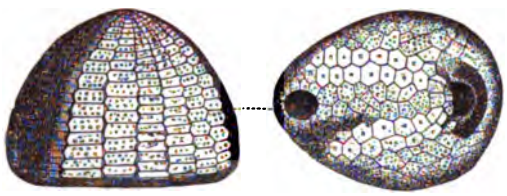


Fig. 211.
Ananchytes ovata. Aus der weißen Kreide.
Von der Seite und von unten.

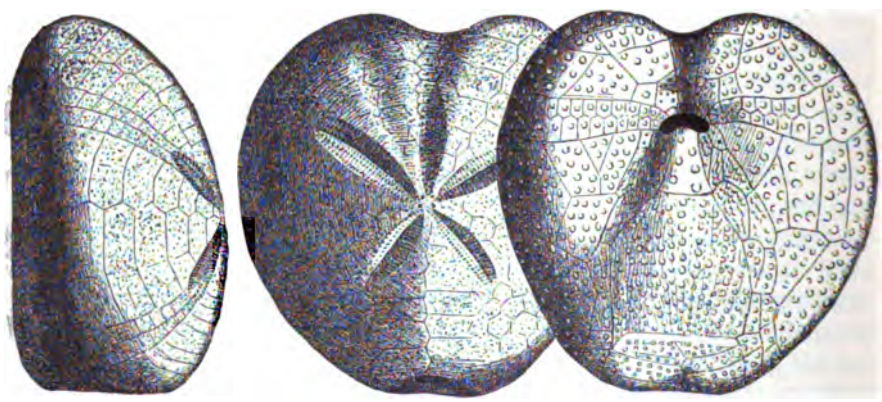


Fig. 212.
Micraster cortestudinarium. Weiße Kreide bei Paris. Von der Seite, von oben und unten.

erst in den obersten Schichten der Kreide beginnen, stellen die jüngste Familie der Seeigel dar, und haben bis zur Neuzeit an Artenzahl zugenommen, während Vertreter der älteren regulären und irregulären Familien zwar noch fortleben (namentlich in der Tiefsee), aber keineswegs in der Mannigfaltigkeit und dem Reichthum der frühern Erdperioden.

Die Herzigel sind die am meisten von der regulären Urform abweichenden und in dem Maße, gleich den höhern Thieren zu einer zwei-

seitigen Symmetrie vorgeschrittenen Echinodermen, daß bei einzelnen Arten der fünfte (unpaare) Strahl, welcher in die Herzbucht einläuft, mit den ihm zugehörigen Organen mehr oder weniger, und zuweilen bis zum völligen Verschwinden unterdrückt ist. Der Mund ist häufig zweilippig bei ihnen ausgebildet. Natürlich zeigen sie in ihrer embryonalen Entwicklung von allen Seeigeln die einschneidensten Wandlungen. Zuerst gleichen sie, wie Alexander Agassiz beobachtet hat, ebenso wie alle andern Seeigel-Jungen, den regelmäßigen Urahnen mit wenigen, aber großen Stacheln, einfachem Mundapparat, regelmäßiger Streifung und centraler Lage von Mund und After. Dann vermehren und verkleinern sich die Höcker und Stacheln, der Mundapparat ändert sich, Mund und After beginnen ihre Wanderungen und endlich erscheint die blumenblattartige Umbildung der Ambulakralfelder, die Herzform und Zweilippigkeit des Mundes. Ganz zuletzt geht der Herzigel noch durch die eiförmige Form der Holasteriden (Fig. 211) hindurch, die mit ihren gesammten Eigenthümlichkeiten den Jungen der Herzigel gleichen. So ergiebt auch hier die Entwicklungsgeschichte des Individuums die schönste Wiederholung der durch die Versteinerungsfolge nachgewiesenen Entwickelung des Stammes.

Neben dem eben beschriebenen Wege der Umwandlung des im Aeußern strahlig gebauten Thieres ohne Vorder- und Hinterseite in ein zweiseitig symmetrisch gebautes Thier mit Vorder- und Hintertheil, rechter und linker Seite, scheint noch ein anderer Weg von den regelmäßigen Seeigeln zur gestreckten Form zu führen, dadurch nämlich, daß sich die bei den regelmäßigen Seeigeln polarisch gegenüberstehenden Eingangs- und Auswurfsöffnungen des Körpers in der Polachse selbst von einander entfernten. Bei einer Familie der regelmäßigen Seeigel, die man schon seit der Kreidezeit für ausgestorben hielt, den Echinothuriden, blieb der Körper wie bei den ältesten Seeigeln mit beweglichen übergreifenden Platten bedeckt, und damit verblieb der Haut eine viel größere Freiheit der Bewegung, so daß das Thier sich strecken und zusammenziehen und seine Form viel mehr ändern konnte, wie die Angehörigen der andern Seeigelfamilien. Indessen fand man schon bei der Porcupine-Expedition, daß Vertreter dieser Familie noch heute am Meeresgrunde leben, denn man zog einen schönen scharlachrothen Lederseeigel (Calveria hystrix Fig. 213) empor, über dessen Haut beständig eigenthümliche Wellenbewegungen liefen, und bald folgten andere verwandte Gattungen und Arten von Lederseeigeln, von denen Woodward zeigte, daß sie der Kreidezeit-Gattung (Echinothuria floris) nahe verwandt seien. Wie der dieser Art beigelegte Name beweist, wollte man in ihr eine Art Mittelform zwischen Seeigeln und Holothurien erkennen, was indessen nicht recht angehen will, da die Holothurien, wenn auch vielleicht in ihren Anfängen den Seeigeln nahe verwandt, doch eine viel einfachere und ursprünglichere Organisation bewahrt haben, als sie.

Während diese letzteren gleich allen andern lebenden Echinodermen

fünf Paar Geschlechtsdrüsen besitzen, die bei beiden Geschlechtern strahlig am Rücken liegen und dort ihre Ausführungsgänge besitzen, haben die Seegurken oder Holothurien nur ein einziges Paar Geschlechtsdrüsen und schließen sich damit unmittelbar den Meeräpfeln an, mit denen sie zusammen die Oberklasse der Monorchonien bilden (vergl. S. 308). Es könnte dies ja auch ein erst durch Verkümmerung von vier Paaren entstandener Zustand sein, wahrscheinlicher aber erscheint, daß er ursprünglich ist,

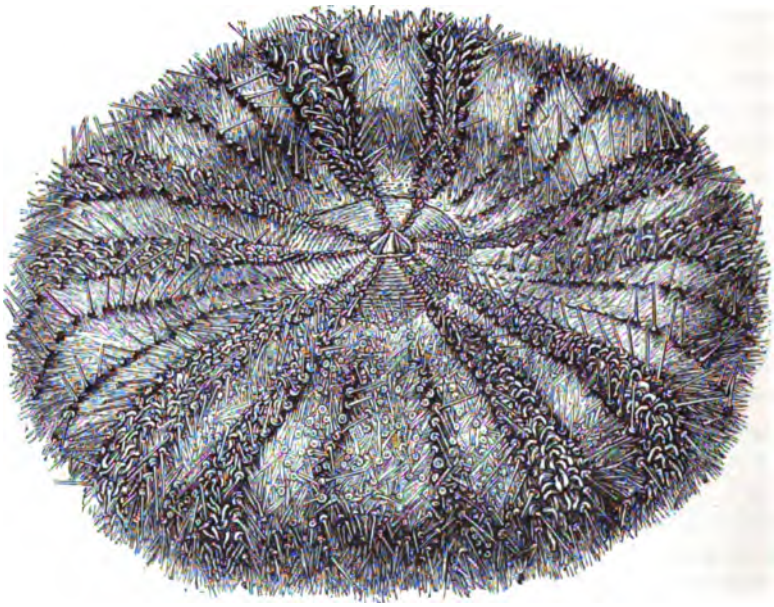


Fig. 213.
Leder-Seeigel, Calveria hystrix 2/3.

und daß die sonst mit den Seeigeln vorhandenen Aehnlichkeiten nur auf der Grundverwandtschaft und parallelen Entwicklung beruhen. Auch durch den Kranz von Mundarmen schließen sie sich den Wurzelformen des Echinodermenstammes näher an. Die Holothurien zeigen der Mehrzahl nach walzen- oder wurmförmig verlängerte Gestalten, denen man zuweilen äußerlich kaum mehr etwas von der Fünftheiligkeit des Körpers anmerkt, die sie doch wie alle ihre Verwandten auszeichnet. Bei einzelnen derselben treten noch, wie bei jenen, in fünf Längsreihen die der Fortbewegung dienenden Wasserfüßchen hervor (Fig. 214), bei andern nur in dreien dieser fünf Längsstreifen, die dann einander genähert zur regelmäßigen Kriechfläche oder Sohle der Holothurie geworden sind. Sie würden dem Trivium der Seeigel entsprechen, während das Bivium der Ambulakralfelder, auf denen die Saugfüßchen meist verloren gegangen sind, den Rücken einnimmt.

Die Sieb- oder Madreporenplatte ist ihnen mit der übrigen Bepanzerung geschwunden. Denn augenscheinlich stammen die Holothurien von Thieren ab, deren Haut, wie in allen andern Echinodermenklassen Kalkplatten abgelagert hatte, die wie ein Gehäuse oder eine Kapsel den Körper umschlossen. Die Ascocystiden unter den Meeräpfeln besaßen solche langgestreckten Formen mit weniger starrem Gehäuse, wie ihre manchmal etwas spiralig gewundenen fünf Längskanten beweisen und vielleicht haben wir unter ihnen die Ahnen der Holothurien zu suchen. Noch in den heute lebenden Psolus-Arten (Fig. 215), die zum Theil zu den Tiefseeformen gehören, finden wir den Ascocystiden ähnliche gedrungene Holothurien, deren Haut mit großen, sich oft dachziegelförmig überlagernden Kalkplatten verstärkt ist, welche auf der flachen Bauchseite dünner und weicher als auf der übrigen Körperfläche sind. Ihre zehn Mundfühler liegen unter den in der Abbildung geschlossenen Mundklappen.

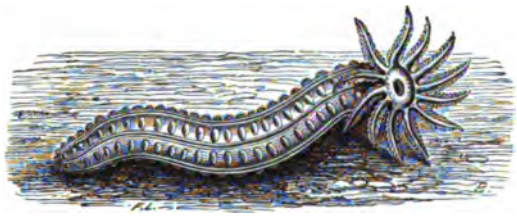


Fig. 214
Pentacta elegans.

Fig. 215.
Psolus ephippifer. (Nach dem Challenger Report.) Oben die Mund-, unten die Afterklappen.

Offenbar muß aber jenes ehemalige Gehäuse bei den meisten Angehörigen dieser Gruppe früh zurückgegangen sein, denn man findet, daß, wenn man nicht die Ascocystiden hierher ziehen will, wenig oder gar keine fossilen Formen mit hartem Gehäuse vorhanden sind. Von diesem ehemaligen Ahnen-Panzer sind vielmehr nur noch unzusammenhängende, oft sehr zierlich gebildete Reste, Kalkkörperchen in Gestalt von Gittern, Rädchen und bei der Berührung wie Kletten wirkenden Ankern (Fig. 216) der Oberhaut, bei den meisten lebenden Holothurien übrig. Man hat Spuren solcher Körperchen bis in die tertiären und sekundären Schichten verfolgen können, aber nicht weiter zurück, was die frühere Ansicht unterstützte, daß die Holothurien aus den Seeigeln durch Zurückbildung und Trennung der Kalkplatten entstanden seien. Ihre Blutsverwandtschaft mit den übrigen Sternthieren bethätigt sich unter andern noch durch die Erregbarkeit ihres Nervensystems, welche veranlaßt, daß die Holothurie bei harter Berührung in Stücke zerbricht, wie der obenerwähnte

Seeſtern, oder die Eingeweide ausſpeit. Sehr eigenthümliche Beobachtungen hinſichtlich ihrer Brutpflege hat man bei einigen durch die Tiefſeeforſchungen der Neuzeit an die Oberwelt gebrachten Arten gemacht. In der Nähe der Falklandsinſeln fand man nämlich in fünf bis zehn Faden Tiefe nicht ſelten eine ſehr ſchöne durchſichtige, ſafrangelbe Art (Cladodactyla crocea

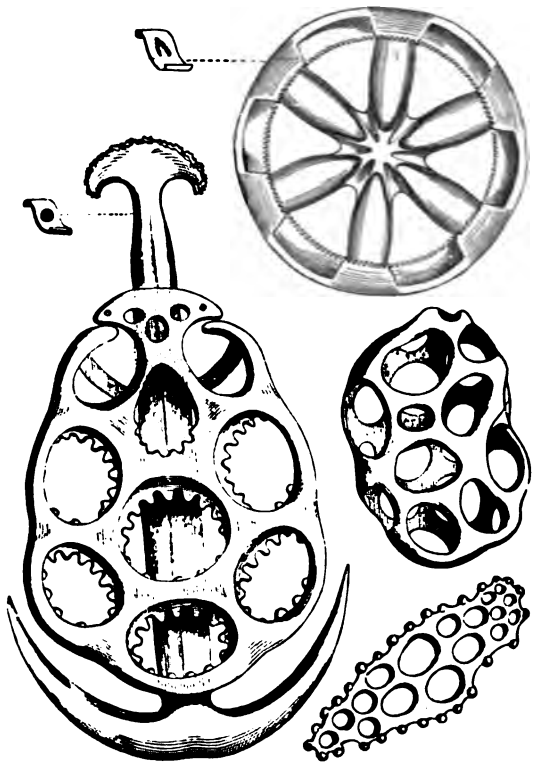


Fig. 216.
Kalkanker aus der Haut von Synapta Rappardi, Rädchen von Chirodota und Platten von Holothuria Vergrößert.

Fig. 217), deren Weibchen eine ziemliche Anzahl von Jungen auf ihrem Rücken trugen. Von den fünf Reihen der durch das allen Sternthieren gemeinſame Waſſerſyſtem gefüllten Schwellfüßchen ſtehen nämlich die drei, mittelſt welcher das Thier auf dem Seetang umherkriecht, nahe bei einander, ebenſo ſind die beiden Schwellfüßchen-Reihen des Rückens einander genähert, und bilden bei den Weibchen die Einzäunung der Kinderſtube, in welcher die den Eltern täuſchend ähnlichen Jungen umhergetragen und mit Nahrung verſehen werden, bis ſie für ſich ſelber ſorgen können. Sie halten ſich mit den Bauchfüßchen feſt, während die Rückenfüßchen bei ihnen kaum an-

deutungsweise entwickelt sind. Noch merkwürdiger ist die Einrichtung, die man bei der oben abgebildeten Tiefsee-Holothurie (Psolus ephippifer Fig. 215), antraf, indem jener Rückenstreifen mit dachförmig zusammenstoßenden Kalkplatten bedeckt ist, so daß ein bedeckter Gang entsteht, in welchen die Eier der jungen Thiere direkt aus der Geschlechtsöffnung hineingelangen und ausgebrütet werden, so daß ein ähnliches Verhältniß wie bei den Beutelthieren entsteht. Aehnliche Vorrichtungen für die Brutpflege hat man bei gewissen Seeigeln angetroffen, so z. B. ein durch zusammengeneigte Stacheln an der Mundöffnung gebildetes Zelt bei Cidaris nutrix und entsprechende Fürsorge kommt auch bei einigen Seesternen vor.

Bei solchen Holothurien, deren Junge nicht als Larven ins weite Meer hinaus müssen,

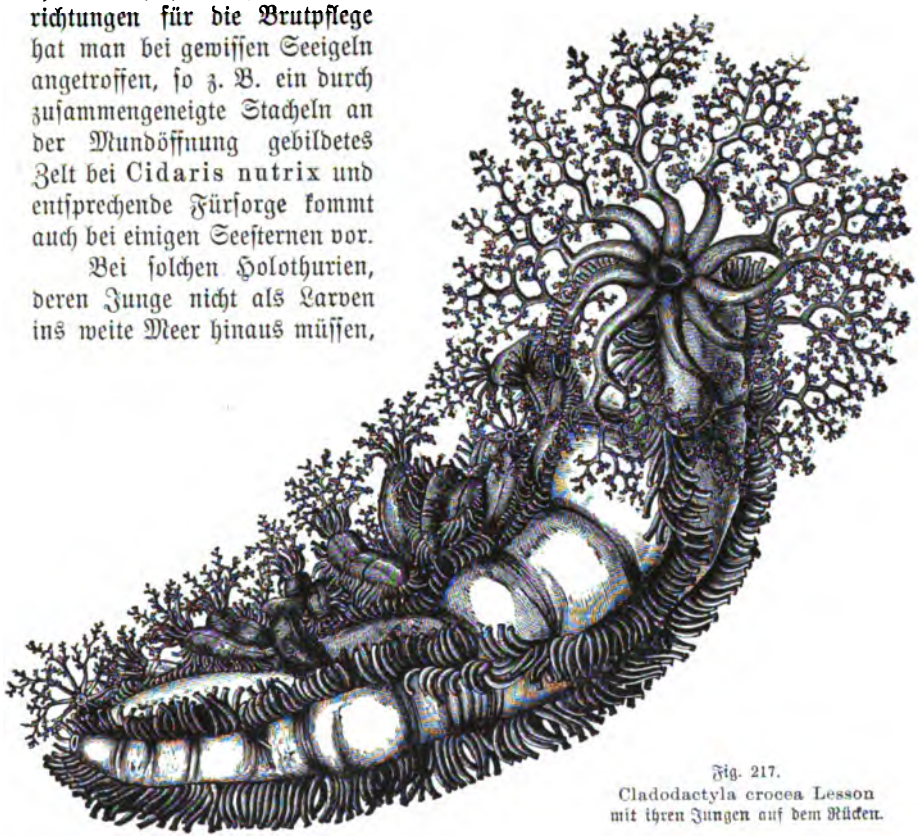


Fig. 217.
Cladodactyla crocea Lesson
mit ihren Jungen auf dem Rücken.

ist die Entwicklung oft eine abgekürzte; die anderen aber haben eine ganz ebenso weitläufige und in ihren Einzelheiten analoge Entwicklung durchzumachen, wie andre Stachelhäuter auch. Als Beweis einer gemeinsamen Abstammung aller Echinodermen läßt sich der Umstand anführen, daß sie sämmtlich mit einer Phase beginnen, in der man den jungen Seestern nicht von einer angehenden Haarlilie, noch von einem Seeigel oder einer Holothurie unterscheiden kann, während sie doch später so höchst verschiedenartige Gestalten gewinnen. Nun bleibt es sehr merkwürdig, daß in der

Entwicklung fast aller Echinodermen ein Stadium auftritt, in welchem das mit allerlei äußern Anhängseln beladene Thier in seinem sich wandelnden Centraltheil mit den Meeräpfeln eine unverkennbare Aehnlichkeit zeigt. Auch den Holothurien fehlt ein solches Erinnerungsbild in ihrer persönlichen Entwicklung nicht.

Wie man aber auch diese Verhältnisse auffassen möge, ob man die eine oder andere Familie an den Anfang der Reihe stelle, immer wird man finden, daß die Natur hier sozusagen im Kreise herumgegangen ist, ohne es zu besonders fortgeschrittenen Bildungen zu bringen. Von einem symmetrischen Wurm ausgehend, kehrt sie bei Seeigeln und Holothurien wieder zur Bildung eines solchen zurück; der in den Haarlilien festgewachsene Armstern wird endlich von Neuem frei, lauter Beweise, daß es sich hier um Formenumbildungen handelt, die man nicht zu den erfolgreichsten Entwicklungswegen rechnen kann. Die fünf Theilstücke hielten einander zu sehr das Gleichgewicht; es fehlte mit dem Festwachsen und dem anfänglichen Mangel von vorn und hinten ein energisches Vorwärtsstreben, in Folge dessen die Entwicklung eines Kopfes als leitenden Organs, weshalb sie trotz ihrer Formenmannigfaltigkeit es nicht über eine niedere Organisationsstufe hinaus bringen konnten. Aber gerade dadurch können die Stachelhäuter dereinst, wenn man erst alle Uebergangsformen, welche die Erdschichten bewahrt haben, kennen wird, zu einem der wichtigsten Zeugnisse für die Planlosigkeit und Gebundenheit der Formwandlungen werden.

X.

Die ersten Hausbesitzer.

(Weichthiere.)

Schalthiere, deren die spielende Natur so große Mannigfaltigkeit hervorgebracht. Welche Verschiedenheit der Farben und Gestalten! Plinius IX. 33.

Die ungemein formenreiche Klasse der Weichthiere oder Mollusken, welche die Schnecken, Muscheln und Kraken umfaßt, hat ihren Namen von den letzteren, den Spitzen ihrer Gesellschaft empfangen, und zwar weil dem Aristoteles die relative Skelettlosigkeit der Tintenfische, gegenüber dem Grätenreichthum der eigentlichen Fische, mit Recht als ein Grundunterschied erschien. Man theilt sie zunächst ein in kopflose Weichthiere (Acephalen), d. h. Thiere ohne gesonderten Kopf, zu denen die Blattkiemer oder Muscheln (Lamellibranchier) gehören, und in Kopfthiere mit gesondertem Kopf (Cephalophoren), unter denen man Bauchfüßer (Gastropoden) oder Schnecken, Flossenfüßer (Pteropoden) und Kopffüßler (Cephalopoden) unterscheidet. Trotz der zahlreichen, bis in die ältesten fossilienführenden Schichten zurückreichenden Spuren ihres Daseins war es nicht leicht, ihre Geschichte mit Sicherheit zu enträthseln und den Anknüpfungspunkt ihrer Gemeinschaft an die niedersten Lebewesen mit Bestimmtheit nachzuweisen, denn jene Schalenreste lehren uns über die Organisation der ältesten Weichthiere wenig. Wie natürlich, nahm man die in ihrem Körperbau am tiefsten stehenden Weichthiere, die Muscheln, für die Patriarchen der Gruppe, und da dieselben eine äußerliche Aehnlichkeit mit den ebenfalls zweischaligen Brachiopoden (S. 292) darbieten, so glaubte man durch sie eine unmittelbare Verknüpfung mit dem Wurmstamme gefunden zu haben. Eine gewisse Aehnlichkeit der Larvenformen schien diese Ansicht noch weiter zu unterstützen. Allein neuere Untersuchungen haben dargethan, daß diese Aehnlichkeiten nur äußerliche, durch eine übereinstimmende, eingeschlossene Lebensweise erzeugte Analogieen sind, aber keine durch Blutsverwandtschaft bedingte Homologieen; daß man also

hier einer trügerischen Aehnlichkeit gefolgt war, und daß die Uebereinstimmung der beiderseitigen Jugendformen wahrscheinlich nur den gemeinschaftlichen Ursprung von Wurmthieren illustrirt.

Die Beobachtung der Entwicklungsgeschichte ist auch hier der Ariadnefaden in diesem Formenlabyrinth geworden, und hat es höchst wahrscheinlich gemacht, daß nicht die Muscheln, sondern gewisse sehr tief in der Stufenfolge stehende Schnecken, die den ältesten Weichthieren in der heutigen Lebewelt ähnlichsten Vertreter sein dürften, wie sie andrerseits die meiste Uebereinstimmung mit der Organisation der gemeinsamen Mutterform der Würmer zeigen. Auf den abwechselnd von der Fluth benetzten und freigelegten Steinen und Felsen der meisten Meeresufer findet man sehr häufig kleine Schalthiere, die vom Rücken her fast das Ansehen einer Kellerassel darbieten und sich auch wie diese zusammenkugeln können, da ihre Schale nicht, wie sonst, aus einem oder zwei Stücken besteht, sondern aus acht getrennten Querplatten (Fig. 218), die der Reihe nach von vorn nach hinten dachziegelförmig übereinandergreifen. Unter der Schale sehen wir rings die Rückenfläche, den Mantel hervortreten, welcher diese Schale abgesondert hat, und wenn wir das Thier von der Steinfläche (was nicht ohne Mühe geschieht) losreißen, so sehen wir unten den flach ausgebreiteten „Fuß" d. h. die muskulöse Bauchfläche des Thieres, durch dessen wellige Bewegungen die Schnecken sich fortbewegen, und deshalb Bauchfüßler (Gastropoden) genannt werden. Der letztere Namen ist insofern gerechtfertigt, als manche dieser recht eigentlich auf ihrem Bauche gehenden Thiere, abwechselnd die linke und rechte Hälfte ihrer Sohle vorschieben und somit förmlich einherschreiten. Untersuchen wir unsere Käferschnecken weiter, so finden wir, daß sie nicht einmal den bekannten Schneckenkopf mit Fühlern und Augen besitzen, sich in dieser Beziehung also den kopflosen Weichthieren (Muscheln) nähern, dagegen wiederum in dem am vordern Körperende befindlichen, und nach unten gerichteten Mund die für die Schnecken so sehr charakteristische, mit zierlichen Reibezähnchen besetzte Zunge (Radula) aufweisen, so daß sie in jeder Beziehung einer synthetischen Grundform der Familie entsprechen, und unmöglich von ihr getrennt werden können. Die Auswurfsöffnung liegt, was bei Weichthieren sehr selten der Fall ist,

Fig. 218.
Käferschnecke (Chiton).

am andern Ende des Körpers, kurz wir könnten glauben, einen niedern Ringelwurm vor uns zu sehen, dessen Segmente sich mit harten Rückenschildern bedeckt hätten. Auf beiden Seiten des Hinterendes liegen in der Mantelfalte zwischen Fuß und Mantel eine Reihe von Kiemenblättern, was wieder an das Verhalten bei den Muscheln erinnert.

Da mit dem Kopfe der natürliche Sammelplatz der Sinnesorgane fehlt, so sind dieselben über die gesammte Körperoberfläche zerstreut, ein Zustand der das ursprüngliche Verhältniß bei niedern Thieren darstellt. Selbst der ganze Rücken dieser Thiere ist mit empfindenden Organen übersäet, die durch ein Netzwerk von Poren in den bedeckenden Schalen nach außen treten. Es sind dies namentlich Organe eines allgemeinen Tast- und Wärmesinns, die bei der gewöhnlichen Käferschnecke (Chiton) allein vorkommen, aber bei andern Gattungen von Käferschnecken hat man in neuerer Zeit zwischen diesen Organen auch zahllose, die Schale durchbrechende Augen aufgefunden. Es scheint, daß diese Augen und Gefühlsorgane wie bei den Muscheln zuerst am Mantelsaum, von welchem auch das Wachsthum der Schale ausgeht, auftauchen; bei den Muscheln bleiben die Augen auf diesen Saum beschränkt, weil sie durch die dicke Schale nichts zu sehen vermöchten. Bei den Käferschnecken entstehen ebenfalls am Mantelsaume immer neue Sinnesorgane, aber auch die älteren, statt von der weiterwachsenden Schale bedeckt und in's Dunkle gedrängt zu werden, bleiben in Thätigkeit, indem die Schale gleichsam nur wie ein schützendes Netzwerk um sie herumwächst und Tausende von Oeffnungen läßt, durch die sie mit der Außenwelt in Verkehr bleiben. Doch werden die älteren, mehr auf der Mitte der Schalenstückchen hervortretenden Organe nach und nach abgenutzt und von außenher beschädigt, so daß namentlich die jüngern, dem Rande und Mantelsaume näheren Organe in Thätigkeit bleiben. Wir werden auf dieses höchst primitive Verhältniß, welches auch Licht auf die Entstehung der facettirten Augen bei den Gliederthieren wirft, bei den Augen der Muscheln zurückkommen.

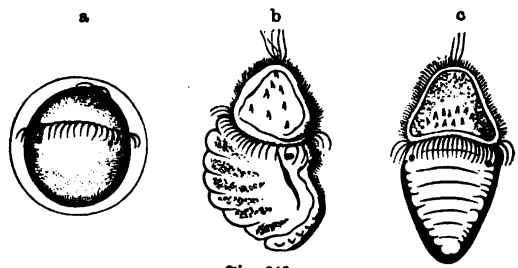


Fig. 219.
Vergrößerte Larven der Käferschnecke.

Die von dem schwedischen Naturforscher Lovén verfolgte Entwicklungsgeschichte von Chiton marginatus erinnert ihrerseits in auffälliger Weise an diejenige der Borstenwürmer. Der Embryo der Käferschnecke erscheint zuerst als ein kuglicher Körper (Fig. 219a), dessen vordere kleinere Hälfte durch einen Wimperkranz, unter welchem zwei provisorische Augen erscheinen, von der hintern abgegrenzt ist, während auf dem Scheitel ein Schopf

kleiner Wimpern vorhanden ist, der in gleicher Weise bei den Larven der verschiedensten Mollusken (Muscheln, Heteropoden, Pteropoden, Dentalium, dem Vertreter der kleinen Acephalengruppe der Scaphopoden u. s. w.), sowie der meisten Würmer einen starken Anhalt für die Annahme gemeinsamen Ursprungs abgiebt. Auf den weitern Stufen (b und c) erscheinen acht stark an Wurm-Metameren erinnernde Wülste, auf denen sich später die Rückenschilder absondern, während der Kopftheil sich ganz mit Wimpern bedeckt, die schließlich mitsammt den Augen verschwinden. Nahe verwandt mit den Plattenträgern oder Placophoren, zu denen die Käferschnecken zählen, sind die schalenlosen Rinnenbäucher (Solenogastres), von denen man drei in unsern nördlichen Meeren vorkommende Gattungen kennt, das Halbmondthier (Neomenia), Vorhalbmondthier Proneomenia) und den Borstenhäuter (Chaetoderma), Thiere, die früher zu den Würmern gerechnet wurden. Sie besitzen statt des Fußes der Schnecken am Bauche eine Längsrinne, und Kiemen, die in eine hintere Höhle zurückgezogen werden können. Ihr Nervensystem, mit einem Schlundringe und vier davon ausgehenden, die Länge des Körpers durchlaufenden Nervensträngen, von denen zwei am Bauche und zwei am Rücken verlaufen, ist dem der Plattenträger ähnlich, mit denen man die Rinnenbäucher daher zur Gruppe der Wurm-Mollusken oder Amphineuren vereinigt hat. Jene schalenlosen wurmähnlichen Schnecken stehen unter den bekannten Mollusken niedern Würmern am nächsten, man wird in ihrer Verwandtschaft die Urweichthiere (Promollusca) zu suchen haben. Die Plattenbildung der etwas über ihnen stehenden Käferschnecken darf demnach wohl nur auf die igelartige Einrollung, nicht auf eine schon begonnene Segmentirung der Stammwürmer bezogen werden. Nach Fol entspricht die junge Larve der Schnecken anfangs nur dem Kopftheil eines nicht segmentirten Wurmes, wie wir ihn andrerseits bei Krebslarven der Entwicklung des segmentirten Körpers vorhergehen sehen werden. Dann treten auf der Stirnseite von Molluskenlarven der verschiedensten Art sehr bald zwei flimmernde Lappen hervor und bilden das Segel (velum), nach welchem dieses Larvenstadium Segellarve (Veliger) genannt wird und welches die schwimmende und drehende Bewegung derselben erzeugt; den Rücken deckt sehr bald eine kleine napfförmige Schale, die somit zu den ältesten

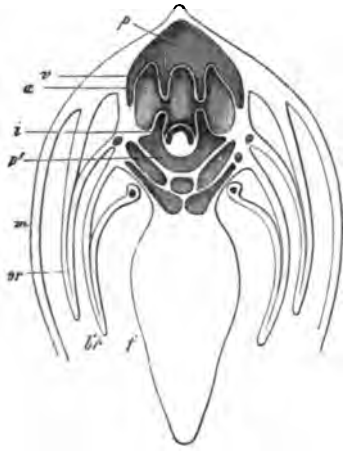


Fig 220.
Senkrechter Querschnitt einer Teichmuschel ohne Schale.
m Mantel, br äußeres, br' inneres Kiemenblatt, f Fuß, v Herzkammer, a Vorhof, p p' Herzbeutelhöhle, i Darmkanal.
Nach Gegenbaur.

Erwerbungen der Klasse gehört und schon bei unterkambrischen Arten auftritt, wie sie auch in der Entwicklung der ihrer Schale verlustig gegangenen Nacktschnecken nicht fehlt. Den Urschnecken muß man die Muscheln als in mancher Beziehung zurückgebildete Thiere, die eigentlichen Schnecken, Flossenfüßer und höheren Weichthiere als viel höher entwickelte Formen gegenüberstellen. Wenden wir uns nunmehr zuerst zu den Muscheln oder Blattkiemern.

Man kann sich die Muscheln vorstellen als Wurmthiere, die sich so tief in eine das ganze Thier bedeckende Schale zurückgezogen haben, daß sich das in der Käferschnecke noch ausgestreckte Thier zusammenkrümmen mußte, bis Ein- und Ausgangsöffnung neben einander zu liegen kamen. Bei diesem gänzlichen Versinken in eine Schale verschwand der schon bei den Käferschnecken sehr unbedeutende Kopf völlig. Das einzige nach außen wirksame Organ bleibt der hier noch stärker ausgebildete Fuß (s. Fig. 220f), der in der Regel auch ein besonderes kleines Gehirn und Gehörwerkzeuge erhielt. Zu beiden Seiten hüllen ihn und die Eingeweide die doppelten blattartigen Kiemen ein, und diese werden von den Mantelhälften umschlossen, welche die nach der Bauchseite weiterwachsenden beiden Schalen absondern und mit ihnen die beiden Seiten des Thieres beschilden. Ein inneres Skelett, weil zur Stützung der Weichtheile überflüssig, fehlt, und nur bei den höchsten Weichthieren, den Kraken, haben sich nach Abwerfung der äußern Schale Analoga des Wirbelthierskeletts, d. h. Muskeln stützende und höhere Organe schützende Knorpel hervorgebildet. Die niedrigst stehenden Muscheln, zu denen zum Beispiel unsere hochgeschätzte Auster gehört, leben vielfach gleich den Spiralkiemern festgewachsen in der Meerestiefe. Die andern bewegen sich (mit Ausnahme der Kammmuscheln [Pecten], die, ihre Schalen als Flügel gebrauchend, schmetterlingsgleich dahinflattern) träge, und erst in den höhern Abtheilungen des Molluskenreichs unter den Schnecken und Kopffüßlern begegnen wir wieder lebhafteren Aeußerungen der Daseinslust, während die Larven aller Muscheln munter umherschwimmen. (Fig. 221.)

Fig. 221.
Junge, durch Wimperbewegung schwimmende Austern.

Es muß tief langweilig gewesen sein, in jener Vorwelt der Schwämme, Korallen, Spiralkiemer und Muscheln, in welcher das frei sich regende Leben größtentheils ein mikroskopisches war, und es ist erstaunlich, daß es die Muscheln bei ihrem beschaulichen Innenleben, bei einer so spießbürgerlichen Zurückgezogenheit zu jenem Formenreichthum bringen konnten, an dem die Curiositätenliebhaber noch immer ihre lebhafte Freude haben.

Freilich muß man die Sicherheit ihres Daseins in Betracht ziehen, die ihre Zahl und damit ihre Variation zu allen Zeiten sehr begünstigte, dann aber auch, daß die äußere Architektur der Schale der hauptsächlichste Spiegel der Einwirkungen ungeheurer Zeiträume blieb. Eine höhere Ausbildung der Weichthiere selbst wurde nur dadurch möglich, daß sich einige Familienglieder, wie die Medusen unter den Pflanzenthieren, früh entschlossen, ihr Gefängniß zu verlassen, oder dasselbe auf den Buckel zu nehmen, und ein frisches, fröhliches Wanderleben begannen.

Fig. 222. Gehörorgan einer Kugelmuschel (Cyclas). c Gehörkapsel, e Epithelzellen, o Gehörstein (Otolith). Nach Leydig.

Die Muscheln stehen in seelischer Beziehung auf einer ziemlich tiefen Entwicklungsstufe. Während sich die Ernährungs-Organe auf verhältnißmäßig hoher Stufe halten, ein doppelkammeriges Herz bereits das Blut in die Kiemenblätter treibt, müssen die Aermsten eines Kopfes völlig entbehren. Bei ihrer zurückgezogenen Lebensweise können sie denselben allerdings missen, und reichen mit zwei Nervenknötchen am Schlundnervenringe und einem dritten innerhalb der Eingeweide vollkommen aus. Diese Vertheilung der Nerven-Centra, welche sich sehr wesentlich von der bei den höheren Würmern und Insekten vorkommenden Anordnung in „Reih und Glied" unterscheidet, kehrt bei den meisten Weichthieren in ähnlicher Weise wieder. Nahe bei dem obern Schlundknoten, der wohl einstweilen die Geschäfte des Hauptgehirns führt, oder auch im Fuße, liegen in der Regel die Kalksteinchen enthaltenden Bläschen, welche man als Hörorgane (?) der einfachsten Art anspricht (Fig. 222), während zahlreiche, nicht weniger einfach gebildete Augen rings am Mantelsaume vertheilt sind, allwo sie allerdings allein entstehen und auslugen konnten. Wir finden, beiläufig bemerkt, in der heutigen Lebewelt Muscheln, welche den hundertäugigen Argus tief beschämt hätten, da sie an jeder ihrer beiden Mantelhälften nahezu soviel Augen sitzen haben, wie er im Ganzen. Das ist übrigens noch sehr wenig im Vergleich zu der Augenzahl, die man bei einzelnen Käferschnecken gezählt hat, wo sie die Schalen durchbrechen und die ganze Rückenfläche bedecken (vergl. S. 339). Bei Corephicum aculeatum trägt die vorderste Körperplatte nach Moseley allein dreitausend Augen, alle acht Schilder zusammen ca. 11,500 Augen, von denen jedes in einer kleinen birnförmigen Höhlung der Schale liegt, und hinter der Regenbogenhaut und schwarzumringten Hornhaut eine eiförmige Krystalllinse, Netzhaut und Sehnerv besitzt. Diese Augen, welche gewöhnlich von einem Kranze von Fühlfäden umgeben sind, haben einen so geringen Durchmesser, daß man sie bis in die jüngste Zeit ganz übersehen hat, bis sie Moseley bei Schizochiton incisus, wo sie etwas größer und dafür in geringerer Zahl (360 Stück) vorhanden sind, entdeckte. Da einzelne Chitoniden der Augen ganz ermangeln, dagegen die sie umgebenden Fühlfäden besitzen, so nimmt man

an, daß die Augen wie bei den Schnecken Umbildungen der Tastorgane sind. Die Sinnesorgane, welche wir gewöhnlich gar nicht anders als am Kopfe vereinigt denken können, sind bei Käferschnecken und Muscheln also, da ein solcher Sammelplatz ihnen mangelt, über den ganzen Körper zerstreut, und wir sehen durch die auf dem Rücken und Mantelsaum wie ein Perlbesatz gestickten Augen, besonders schön den Satz bestätigt, daß die Sinnesorgane überall auf der Oberhaut und aus Oberhauttheilen entstehen mußten.

Man unterscheidet bei den Muscheln einfacher organisirte, ungleichschalige Formen (Pleuroconchae), die sich durch den Besitz nur eines

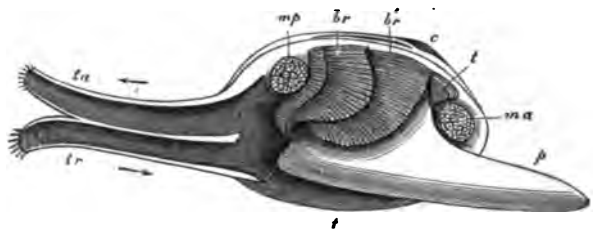


Fig. 223.
Seitenansicht einer Trogmuschel nach Entfernung des rechten Mantelblatts.
br br' Kiemenblätter, t Tentakeln, ta tr' Siphonen, ma mp Schließmuskeln, p Fuß, c Schalenschloß.
Nach Gegenbaur.

Schließmuskels und den Mangel nach außen führender Athmungs- und Ausscheidungsröhren kennzeichnen, und solche, welche diese Röhren (Siphonen) und dazu zwei Schließmuskeln nebst gleichen Schalen besitzen (Orthoconchae). (Fig. 223.) Es entspricht dabei vollkommen dem Gesetz von der allmäligen Fortbildung aller Naturwesen, daß die ersteren, niedriger stehenden Muschelthiere in der Vorwelt viel mehr Vertreter zählten, als heutzutage, wo ihre Arten nur noch etwa zehn Prozent der Gesammtzahl ausmachen. Während die drei großen Gruppen der Ungleichschaligen, Gleichschaligen und Muscheln mit ausgeschnittenem Mantel, schon seit den ältesten Zeiten vorhanden waren, kamen erst im obern Lias die durch weitreichende Verwachsung der Mantelränder wie in einen weiten Sack eingeschlossenen Bohr- und Röhrenmuscheln (Inclusa) hinzu und erreichten erst in der Tertiärzeit eine größere Verbreitung. Ihre Entwicklungsgeschichte zeigt, daß sie trotz ihrer so sehr abweichenden Gestalt von gewöhnlichen gleichschaligen Muscheln abstammen. Die Jungen der hierhergehörigen Pfahlwürmer (Teredo) gleichen in ihrem ersten Larvenstadium den Orthoconchen, dann später den Muscheln mit eingebuchteter Schale, wie der Venusmuschel, und erhalten erst im höheren Alter den geschlossenen Röhrenmantel, aus welchem sie wie aus einem zu kurzen Futteral hervorragen. Aus der übrigen Muschelgeschichte sei nur noch erwähnt, daß Süßwassermuscheln in den ältern Schichten bis zur Trias vollständig fehlen. Dann

treten einige Flußmuscheln (Unioniden), im oberen Jura etliche Cycladiden auf; in größerer Anzahl aber erschienen echte Süßwassermuscheln erst im Beginn der Kreidezeit, um seitdem bis zur Jetztzeit an Mannigfaltigkeit zuzunehmen. Bei den Schnecken werden wir Aehnliches zu bemerken haben.

Auf die einzelnen Gruppen und Arten der Muscheln, die als Leitmuscheln (S. 68) eine wichtige Rolle für die Bestimmung des Alters der Schichten spielen, näher einzugehen, ist leider nicht möglich in einem Werke, welches eine kurze Uebersicht des gesammten Reiches bieten will, wir wollen daher hier nur auf eine einzelne Gruppe mit einigen Worten näher eingehen, weil sie die verschiedenartigste Beurtheilung erfahren hat und ihre Beziehungen zu den andern Muscheln erst in neuerer Zeit aufgehellt worden sind. Wir meinen die sogenannten Rudisten, deren Angehörige, namentlich die Arten der Ziegenmuschel (Caprina Fig. 224) und Pferdemuschel (Hippurites) anscheinend plötzlich in der Kreidezeit auftraten, durch ihre massigen Schalen große Kalkbänke (Hippuritenkalk) erfüllten, ebenso plötzlich wieder verschwanden und seit der Tertiärzeit völlig ausgestorben schienen. Sie zeichnen sich durch sehr dicke, ungleiche, oft eigenthümlich horn- oder schneckenartig gewundene Schalen mit gitterförmiger Struktur, von denen die eine oft festgewachsen war, und besonders dadurch vor allen andern Muscheln aus, daß das Schloßband innen belegen ist und nebst seinen großen Buckeln den innern Raum der Schale sehr verengt. Viele Zoologen wollten daher gar nicht zugeben, daß diese massigen ungleichen Schalen von echten Muscheln bewohnt worden seien, und stellten sie zu den Brachiopoden. Carpenter und Scharpe hielten sie für Krebsthiere (Balaniden), während Leopold von Buch sie zu den Korallen und Steenstrup zu den Anneliden stellen wollten. Nachdem aber Quenstedt bemerkt hatte, daß sie einerseits mit dem Geschlechte Diceras der Jurazeit und einer noch lebenden kleinen Gruppe (den Chamiden) nähere Beziehungen darbieten, erkannte man sie als eine besondere Muschelfamilie an, deren Stammbaum sich bis zum Devon zurückverfolgen ließ, in welchem ein Megalodus genanntes Geschlecht diese Sonderbildung zuerst aufweist, die sich an seinen Nachkommen im Steinkohlenalter, der Trias- und Jurazeit weiter verfolgen läßt, dann in den Rudisten der Kreide einen großen Aufschwung nahm und heute bis auf spärliche Ueberreste erloschen ist.

Fig. 224.
Caprina adversa. Kreideformation.

Unter den Schnecken, die, wie bekannt, nur eine Rückenschale mit spiralförmigem Wachsthum aus ihrem Mantel ausschwitzen, giebt es noch heute eine untergeordnete Sippschaft von Thieren, die sich ganz nahe an

die kopflosen Muschelthiere anschließen, aber doch bereits einen „Versuchskopf" mit Augen, Gehörorganen und Fühlern aufgesetzt haben, die Stummelkopf-Schnecken oder Flossenfüßler. Der Kopf ist allerdings nicht besonders auffallend von dem übrigen Körper abgesetzt, aber er scheint sich für einen Versuchskopf recht gut bewährt zu haben. Unter diesen Stummelköpfen begegnet man vielen nackten Thieren, die aber zum Zeichen, daß sie von Schalenträgern abstammen, wenigstens in ihrer Jugend noch Schalen aufweisen. Von diesen Thieren, bei denen der sogenannte Fuß öfter die Gestalt zweier Flossen oder Flügel zu beiden Seiten des nicht für voll geltenden Kopfes angenommen hat, mit denen sie schmetterlingsartig im Wasser umherflattern, daher auch Flügelfüßler (Pteropoda) genannt, (Fig. 225), stammen wahrscheinlich zwei verschiedene Linien des Weichthier-Volkes ab, die wir, wie sie selbst, bereits im silurischen Meere in ziemlicher Entwicklung antreffen, und später neben einander fortschreiten sehen werden, die Bauchfüßler und die Kopffüßler. Jedenfalls nehmen sie eine Mittelstellung zwischen den drei Hauptgruppen des Weichthierreiches ein, und da einige derselben in ihren Jugendzuständen ebenfalls lebhaft an Wurmlarven erinnern, könnte man glauben, daß sie der gemeinsamen Stammform der Weichthiere ebenso nahe gestanden haben, wie die Käferschnecken. Sehr wichtig ist dabei für das Verständniß der Genealogie des Weichthierstammes die hervortretende Annäherung an die Kopffüßler. Denn während viele Angehörige jener am Kopfe noch beschränkten Weichthiere sich in ihrem allgemeinen Bau unmittelbar den Schnecken anschließen, zeigen andere, wie die noch heute lebenden Hautkiemen (Pneumodermon) schon äußerlich durch ein Paar der für die Kraken so charakteristischen Fangarme mit Saugnäpfchen ihre Zusammengehörigkeit mit diesen an (Fig. 226).

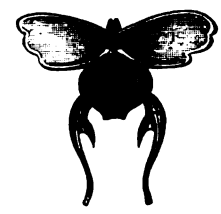


Fig. 225.
Hyalea limbata.

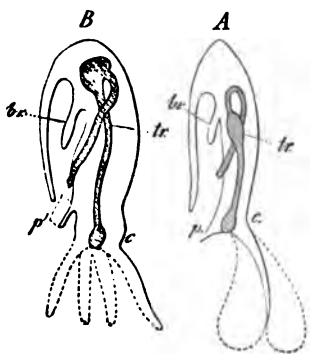


Fig. 226.
Schematische Vergleichung von Pteropoden (A) und Cephalopoden (B).
c Kopf, p Fuß, tr Darmkanal, br Kiemen, p' Trichter. Nach Gegenbaur.

In dem ungeheuren Reiche der eigentlichen Schnecken, welche die Muscheln um eines ausgebildeten Kopfes Länge überragen, begegnen wir im silurischen Urmeere noch nicht jener Unerschöpflichkeit im Ausführen immer neuer architektonischer Pläne, welche in unsern Tagen ausreicht, die Begierde unersättlicher Sammler in langer Spannung zu erhalten. Bei dem Worte Schnecke denkt man zunächst an das gewundene Haus, und es mögen daher einige Worte über die Entstehungsweise desselben hier eingeschaltet werden

Wir wissen einerseits, daß es viele Schnecken giebt, die keine gewundene Schale besitzen, und andererseits, daß sich auch andere Lebewesen, z. B. Würmer, sogar schon Protisten, schneckenartige Häuser bauen. (S. 205.) Eines der lehrreichsten Beispiele geben gewisse Frühlingsfliegen, deren Larven sich aus feinen Sandkörnern ein Schneckenhaus bauen. (Fig. 227.) Fritz Müller hat nun darauf aufmerksam gemacht, daß auch andere Frühlingsfliegenlarven, die sich ein grades Gehäuse bauen, dies stets so einrichten, daß an der Vorderseite eine Art Vordach den Kopf bedeckt, so daß derselbe nach unten frei, nach oben geschützt ist. Denkt man sich dieses Dach kapuzenartig nach vorn heruntergezogen, so entsteht ein Ansatz zur Schneckenwindung. Natürlich ist für Schalthiere, die sich in eine Röhre zurückziehen, die gebogene Röhre vortheilhafter als die gerade, weil nicht jeder Angreifer den Windungen folgen kann, und deshalb sieht man auch Röhren-Würmer gewundene Röhren anlegen, die bei fossilen Arten mehr als einmal zu Verwechselungen mit Schnecken geführt haben. Der vortheilhafteste Bauplan wird aber offenbar der sein, wenn die Windungen sich an einander legen, und so nicht nur die Festigkeit des Gesammtbaues erhöhen, sondern auch der eindringenden Kälte und andern Schädlichkeiten mehr Widerstand bieten. Der Bauplan des Schneckenhauses erklärt sich also nicht durch eine entsprechende Form des Thieres, sondern durch die Vortheile des Gebäudes selbst, welches immerfort vorn durch neue Kalkausschwitzungen aus dem Mantel des heranwachsenden Thieres vergrößert wird. Aus diesem Grunde kann die Schale, weil sie sich nicht mit einem Male fertig anlegt, sondern allmälig weiter bildet, uns bei einigen Weichthieren Anhaltspunkte für die Geschichte des Stammes liefern. Dagegen war die Eingewöhnung in das Schneckenhaus nicht ohne Einfluß auf die körperliche Gestaltung der Schnecke selbst. Den Wurm-Mollusken (S. 340) am nächsten stehen einige paarkiemige Schnecken, die nur erst eine Art Mütze aber keine Wendeltreppe ausgebildet haben, namentlich die Spaltschnecken (Fissurella). Sie besitzen noch die ursprüngliche symmetrische Ausbildung der Kiemen, des Herzens und der Nieren. Ihnen schließen sich Napfschnecken (Patelliden) und Meerohren (Haliotis) zunächst an. Bei den übrigen Bauchfüßlern entwickelt sich eine eigenthümliche Unsymmetrie des Körpers, indem Kieme, Herzvorkammer und Niere auf der einen Seite verkümmern, auf der andern Seite aber sich um so stärker entwickeln.

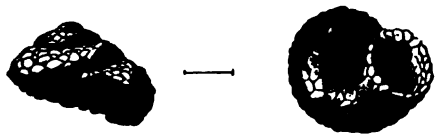


Fig. 227.
Gehäuse von Helicopsyche.

Im Ei sieht man den Anfang der Schale als einen flachen Napf oder eine phrygische Mütze von durchsichtiger Substanz, die Urform der Schneckenschale. Ihr Wachsthum geschieht durch Ablagerung neuer Kalkmassen aus

den senkrechten Drüsen des Mantels am Vorderrande, wobei die Mütze immer in derselben Richtung d. h. nach rechts oder nach links rückwärts geschoben wird, wodurch dann die rechts oder links gewundenen Schneckenhäuser entstehen. Wir müssen uns über diese Ausdrücke verständigen, da nicht alle Naturforscher sie im gleichen Sinne gebrauchen und die Botaniker oft als rechts gewunden bezeichnen, was der Zoologe links gewunden nennt und umgekehrt. Der Conchyliologe denkt sich, wenn er eine Schneckenschale beschreiben soll, dieselbe so vor sich hingestellt, daß die Hausmündung (der Treppeneingang), ihm zugekehrt ist, und die Spitze nach oben ragt. Liegt alsdann die Mündung rechts von der Treppenspindel, so nennt er die Schale rechtsgewunden und liegt sie links, so heißt das Gehäuse linksgewunden. Die meisten Schneckenhäuser sind rechtsgewunden, doch kommen unter den regelrecht rechts windenden Schnecken links windende Abarten vor, die angeblich in allen ihren Nachkommen die Windungsrichtung beibehalten, so daß man, da solche verkehrt gewundenen Schneckenhäuser von Sammlern sehr gesucht wurden, derlei Abnormitäten geradezu gezüchtet hat. Eine Spindelschnecke (Fusus oder Neptunea antiqua), die mit der Majorität rechts windet, soll in der Vorzeit meist links gewunden aufgetreten sein, weshalb Lamarck die fossile Abart als verkehrt gewunden (Fusus contrarius) bezeichnete. Im vordersten weitesten Theile befinden sich Kopf und Fuß des Thieres, in den hinteren Windungen die zarteren Eingeweide und am Ende der Windungen ist das Thier an der Schale befestigt. Die meisten Schnecken besitzen ausgebildete Sinnesorgane, namentlich zwei oder vier Fühlhörner; ein paar einfache Augen sitzen entweder auf den Spitzen der Fühlhörner oder am Grunde derselben, am Kopfe. Die Mund- und Ernährungswerkzeuge sind viel vollkommner entwickelt als bei den Muscheln; im Munde bewegt sich die allen Schnecken gemeinsame, riemenförmige Reibezunge, die aufrollbar mit sehr zierlichen, nach den Arten verschiedenen Zahnreihen besetzt ist, und die Nahrung zerfeilt, indem sie sich gegen die hornigen Kiefer hin- und herbewegt. Wie die Landschnecken auf dem Laube, so weiden die Meerschnecken auf den Algen-, Korallen- und Polypenrasen. Aus diesem leistungsfähigen Munde führt eine einfache Speiseröhre in den nicht selten mit weiteren Zermalmungswerkzeugen bewaffneten Magen und mündet dann meist nach vorn neben dem Windungspfeiler wieder aus. Herz und Blutumlauf sind ziemlich vollkommener Art, die Befruchtungsorgane sehr verschiedenartig, je nachdem die Schnecken getrennten Geschlechtes, oder, wie die meisten Landschnecken, Wechselzwitter sind.

Ihrer merkwürdigen Lebensverhältnisse wegen sei hier der Veilchenschnecke (Fig. 228) gedacht, eine der wenigen Schneckenarten, die das offene Meer bewohnt und an der Oberfläche mit Hilfe eines Flosses schwimmt, welches sie als ein Kunstprodukt selbst erzeugt. Es besteht aus einer länglichen schaumigen Masse von knorpliger Beschaffenheit, die mit dem Körper nicht im organischen Zusammenhange steht, sondern einfach an der Spitze

ihres kleinen Fußes angeheftet ist. Nach den Beobachtungen von Lacaze-Duthiers verfertigt sie das Floß in der Weise, daß sie den Fuß über das Wasser hebt, ihn krümmt, so daß er eine vom abgesonderten zähen Schleim eingehüllte Luftblase erzeugt, von denen eine an die andre gereiht wird, bis das Floß, dessen blasige Masse erhärtet, fertig ist. An der Unterseite desselben heftet dann die Schnecke ihre Eier. Diese in Massen auf dem Meere schwimmenden Schnecken sind noch durch die blaue Farbe ihrer Schale ausgezeichnet, die vielen an der Meeresoberfläche treibenden Thieren als Verbergungs- und Schutzmittel eigen ist, namentlich Quallen. Die Veilchenschnecke erscheint häufig mit der tiefblauen Segelqualle (Velella) vergesellschaftet, die ebenso an der Oberfläche treibt.

Fig. 220.
Gemeine Veilchenschnecke (Janthina communis) mit dem Schwimmfloß, welches die Eier trägt.

Die große Mannigfaltigkeit der Formen und Färbungen von Schneckenschalen, welche noch mehr als die der Muschelschalen die Sammler reizt, ist bisher nur in wenigen Fällen auf ihre bedingenden Ursachen zurückgeführt. Manches davon liegt deutlicher, wie z. B. die Rippen und Faltungen der Spindel oder die Einbuchtungen und Zähne des Außenlippenrandes vieler Schnecken. Wie H. Dall gezeigt hat, entstehen sie, z. B. bei den Papstmützen (Mitra-Arten) dadurch, daß der Zurückzieher oder Spindelmuskel länger und tiefer in der Schale befestigt ist, als bei den nicht gefalteten Spindelschnecken (Fusus-Arten). Die Folge davon ist, daß bei den ersteren der sich zurückziehende Muskel den Mantel in die Schale zieht, wobei er wegen der Enge der Oeffnung genöthigt ist, sich in Längsfalten zu legen. Die Längsrunzeln des Treppenpfeilers wie der Lippenränder sind die mechanischen Folgen dieser Faltung der kalkabsondernden Oberfläche. Aehnlich ist der Vorgang bei den Falten-, Porzellan-, Kauri- und Tigerschnecken, die einen sehr ausgedehnten Mantel bei einer sehr engen Mündung besitzen; die Außenlippe wird besonders bei solchen Arten stark gezähnt sein, welche eine schmale Oeffnung haben. Die Querwülste und Erhebungen der Schale bilden sich periodenweis immer an denselben Stellen des Gehäusemundes, wodurch sie eine reihenweise Anordnung erlangen.

Hinsichtlich der Färbungen hat Simroth bemerkt, daß bei den Meeresschnecken vor Allem zwei Farbenreihen auftreten, ein helles oder dunkleres Gelbbraun und ein in Purpur übergehendes Violett; andere Farben sind

selten. Dabei scheint die gelbbraune Tinte die Primitivfärbung darzustellen, denn das Violett erscheint erst sekundär in Folge einer Umwandlung der gelbbraunen Grundfarbe unter dem Einflusse des Sonnenlichtes. Diese Umformung erscheint identisch mit derjenigen, welcher die gelbliche Ausscheidung der Purpurschnecken und anderer Arten am Lichte unterliegt, indem sie in Violett übergeht. Die Gehäuse solcher Meeres-Mollusken, die einer stärkeren Beleuchtung ausgesetzt sind, weil sie der Oberfläche näher wohnen oder an derselben schwimmen, sind daher immer violett bis blau gefärbt, wie z. B. die eben erwähnten Janthina-Arten. Manchmal findet man auch bei den bräunlichen Schnecken, die im tieferen Wasser wohnen, im Innern der Schale oder gegen die Spitze hin (welche den ältesten Theil darstellt) violette Schichten, welche von der Larvenschale, d. h. dem Gehäuse des ganz jungen Thieres herrühren; man hat dann Arten vor sich, deren oft unbekannte Larven pelagisch sind, d. h. im offenen Meere leben, z. B. bei Conus-, Nassa-, Strombus-Arten u. a., so daß es also möglich wird, aus gewissen Farbenresten der Schale einen Rückschluß auf die Lebensweise ihrer unbekannten Jugendformen zu machen. Eine sonstige Beziehung der Schalenformen und -Färbungen zu den Lebensverhältnissen ist selten erkennbar, man will jedoch bemerkt haben, daß die lebhaften Flecken den älteren Tigermuscheln als Abschreckungsmittel dienen, so daß man nur jüngere als Köder für Tintenfische verwenden kann.

Die Meeresschnecken der Sammler, deren Gehäuse wegen ihrer Schönheit auch vielfach als Zimmerschmuck dienen, gehören der großen Abtheilung der Vorderkiemer (Prosobranchiaten) an, welche durch vor dem Herzen belegenen, vom Mantel bedeckte Kiemen (oder Lungen) athmen, sie sind stets beschalt und getrennt geschlechtlich. Unter den jüngern Meeresschnecken haben viele die Schale sehr zurückgebildet bis zum völligen Verschwinden, wobei die mehr oder weniger freigelegten Kiemen ihre Lage hinter dem Herzen genommen haben. Diese hermaphroditischen Nacktschnecken des Meeres, welche die Abtheilung der Hinterkiemer (Opisthobranchiaten) bilden, erscheinen jedoch, dem alten Familienherkommen folgend, im zartesten Alter sämmtlich mit dem einer phrygischen Mütze gleichenden Abzeichen der Ahnen. Dann putzen sie aber ihre nackte Haut mit ebenso prächtigen Farben und Zeichnungen, wie jene ihr Gehäuse und es giebt unter ihnen nicht weniger zahlreiche wunderbar schöne Thiere. Auch hier sind die an der Oberfläche des Meeres schwimmenden, z. B. die Glaucus-Arten blau, andre zeigen grelle Warnungs- oder unscheinbare Schutzfarben, einige tragen über den ganzen Körper leicht abfallende, oft gefiederte Anhängsel, die sie den Verfolgern überlassen, während sie den nackten Leib in Sicherheit bringen. Sie brauchen Ersatzmittel für die aufgegebene, der Freibewegung allerdings hinderliche Schale.

Für unsre historische Betrachtungsweise der Natur ist vielleicht aus der gesammten Schneckenhistorie die Thatsache am wichtigsten, daß die heute

auf dem Lande, wie im Süßwasser so verbreiteten Lungenschnecken erst im obern Jura, einer verhältnißmäßig späten Erdperiode, häufiger wurden. Es gab damals bereits seit ungeheuren Zeiträumen Land- und Süßwasserbecken, von deren Dasein schon aus der Steinkohlenzeit Süßwassermuscheln Zeugniß ablegen, aber nur ganz vereinzelt finden sich in diesen älteren Landbildungen Spuren von Lungenschnecken und erst in der Tertiärzeit traten sie in größerer Zahl auf. Viel später als den Wirbelthieren war es also erst den Weichthieren beschieden, wenigstens in einem Zweige auf dem Lande festen Fuß zu fassen. Während aber bei den Fischen eine Umbildung der Schwimmblase diesen Uebergang erleichterte, mußte bei den Schnecken eine unmittelbare Verwandlung der Kiemen in Lungen stattfinden,

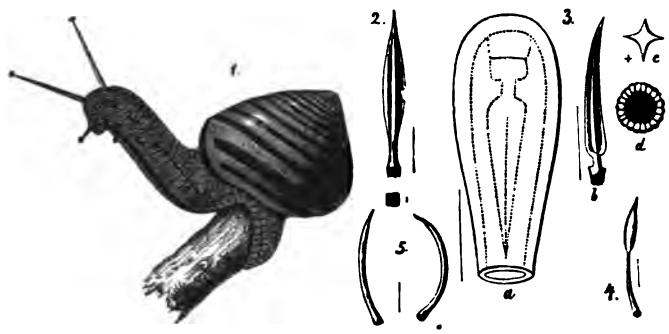


Fig 229.
Nr. 1 und 2 Helix nemoralis und Liebespfeil derselben. Nr. 3 Pfeilsack (a), Liebespfeil (b) und oberer Querschnitt (c) nebst Krone (d) desselben von H. pomatia. Nr. 4 und 5 Pfeile von H. arbustorum und H. ericetorum. Die Striche bezeichnen die natürliche Größe der Pfeile.

die daher auch die gleiche Stelle im Körper einnehmen. Auch hier ist der Uebergang kaum ohne einen Amphibien-Zustand zu denken und noch heute beobachten wir in den Blasenschnecken oder Ampullarien, welche die Flüsse heißer Zonen bewohnen, amphibische Thiere, die Lungen und Kiemen neben einander ausbilden und in der Vorwelt nahe Verwandte besaßen. Die im Wasser lebenden Lungenschnecken, welche, wie die im Wasser lebenden Lungen-Wirbelthiere, für gewöhnlich zu jedem Athemzuge an die Oberfläche kommen müssen, zeigen übrigens, wie Siebold in neuester Zeit beobachtet hat, eine bemerkenswerthe Leichtigkeit, ihre Lungen wieder in Kiemen zurückzuverwandeln, indem sie in tiefen, aber sehr luftreichen Gebirgsseen, nicht mehr zum Athmen in die Höhe kommen. So ist die Natur in ewiger Wandlung begriffen.

Die Lungenschnecken sind im Uebrigen wahrscheinlich nicht nur ihrem zeitlichen Auftreten nach, sondern auch in ihrer gesammten Organisation die Spitzen des Schneckenreiches. Im Allgemeinen weniger farbenprächtig als ihre Meeres-Collegen sind sie vielleicht gebildeter als diese. Wir halten

unsre Garten- und Weinbergsschnecken, die zu den Wechselzwittern (vgl. Seite 276) gehören, wegen der großen Langsamkeit ihrer Fortbewegung, wohl in der Regel für sehr stumpfe Wesen. Allein die hochentwickelte Form ihres Geschlechtslebens, die poetische Einkleidung ihrer Liebeswerbungen, während welcher sie aus einem, neben den Geschlechtsorganen belegenen Blindsacke zierliche Liebespfeile auf einander abschießen, und so der Amorsmythe einen natürlichen Hintergrund geben, belehrt uns eines andern und bessern. Die Liebespfeile der meisten Arten (Fig. 229) sind von einander verschieden gestaltet und können daher ebenso wie die sehr verschiedenartigen Zahngarnituren ihrer Reibezungen als Unterscheidungsmittel dienen. Unter den Lungenschnecken giebt es in wärmeren Ländern sehr große Vertreter, z. B. die Bulimus-Arten Südamerikas, welche sich außer durch ihr schmuckes Gehäuse, auch durch die Größe ihrer Eier auszeichnen. Diese mit einer weißen, glatten, glasartig glänzenden Kalkschale versehenen Eier übertreffen an Größe oft die Eier unsrer Singvögel; sie sind z. B. bei Bulimus Popelairianus 5 cm lang, aber an beiden Enden gleich dick. Während die Meeresschnecken meist große Klümpchen zahlreicher weichschaliger Eier ablegen, von denen aber oft nur ein Junges auskommt, welches die Andern auffrißt, bringen diese Lungenschnecken, wie die Spitzen der Wirbelthiere nur wenige, aber wohlverwahrte Jungen auf.

Daß der ungeheure Reichthum der Schneckenformen das Ergebniß nie ruhender Variation ist, wagt man trotz der merkwürdigen Formbeständigkeit einzelner Arten nicht mehr zu läugnen, seit Hilgendorf die Spezialgeschichte einer solchen Umwandlung aus den Archiven des obermiocänen Süßwasserkalks von Steinheim (Württemberg) geschöpft und genau beschrieben hat. In den übereinander liegenden Schichten desselben finden sich nämlich zahlreiche Schneckenschalen, die so unähnlich sind, daß ein gewissenhafter Systematiker leicht ein paar Dutzend Arten daraus machen könnte, während Hilgendorf gezeigt hat, daß sie sämmtlich durch Uebergänge verbunden sind, die sich in denjenigen Schichten finden, welche zwischen den Fundstellen der am meisten verschiedenen Formen liegen. In den untersten Schichten liegen die Windungen der vielgestaltigen Schnecke (Planorbis multiformis) wie bei unserer gemeinen Sumpftellerschnecke in einer Ebene, so daß sie einem kleinen Damenbrettsteine gleicht, weiter hinauf ziehen sich die Windungen zu einem Kegel auseinander, um in noch höheren Schichten wieder zu einer den Ausgangsformen ähnlichen Gestalt zurückzukehren. (Fig. 230, 231.) Neben den Gestalten der Hauptreihe finden sich mancherlei Nebenlinien, durch verschiedene Eigenthümlichkeiten des Gewindes, Reliefbildungen der Schale u. s. w. ausgezeichnet. Der genannte Forscher hat, zahreichen unbegründeten Einwürfen gegenüber, überzeugend dargethan, daß diese verschiedenen Formen einen durch alle Mittelglieder verfolgbaren, handgreiflichen, mehrfach verzweigten Stammbaum bilden, der sich zuerst in

zwei Hauptäste theilt, worauf diese noch einmal sich theilen. Von diesen vier Aesten, die wieder mancherlei Nebenzweige aussenden, ist aber nur der erwähnte Hauptzweig bis in die obern Schichten zu verfolgen, die andern sind abgestorben, resp. von jenem Zweige im Kampfe ums Dasein

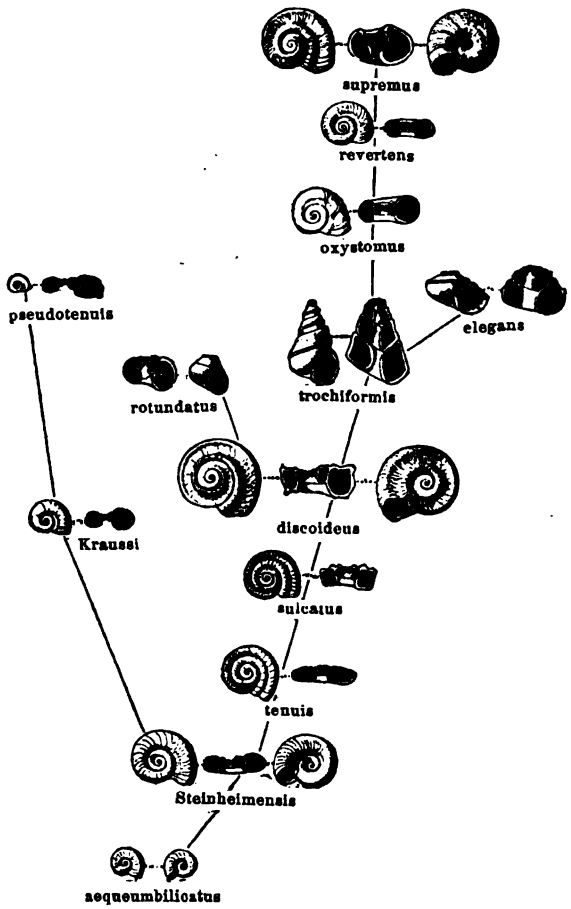


Fig. 230.
Hauptzweig von Planorbis multiformis von Steinheim nebst einigen Nebenzweigen.

Fig. 231.
Formenreihe des Hauptstamms zwischen P. discoideus und P. trochiformis.

schließlich unterdrückt worden. So giebt ein Formenkreis, welchen man nicht wagen konnte, in einzelne Arten zu zersplittern, einen Begriff von der Unrichtigkeit der Auffassung, welche man vordem von dem unveränderlichen Charakter der Arten überhaupt gehabt. Wäre das Wasserbecken, aus welchem der Steinheimer Kalk sich absetzte, ausgedehnter gewesen, so daß die einzelnen Formen der Planorbis Zeit gehabt hätten, sich

auszubreiten und einander aus dem Wege zu gehen, ſo würde die urſprüngliche Form vielleicht die Stammmutter eines reichen Artengeſchlechts geworden ſein.

Es kann uns nach ſolchen Leiſtungen einer einzigen Form auf dem Gebiete der Metamorphoſe nicht wundern, in dem großen Schneckenreiche überhaupt eine ungemeine Vielgeſtaltigkeit zu finden. So ſind zum Beiſpiel die Zahnſchnecken (Dentalium), deren Gehäuſe einem Elephantenzahn im Kleinen gleicht und für die man eine beſondere Klaſſe der Grabfüßler oder Scaphopoden aufgeſtellt hat, ſo zurückgebildete, zwiſchen Schnecken und Muſcheln in der Mitte ſtehende Formen, daß es nicht ſchwer hält zu glauben, die Muſcheln ſeien überhaupt nur eine Abtheilung von verkümmerten Schnecken. Das Non plus ultra in dieſer Richtung leiſtet aber eine kleine Schnecke, die den berühmten Thierforſcher Johannes Müller zu ſchweren Zweifeln veranlaßt hat. Derſelbe fand nämlich im Innern einer Holothurie des Mittelmeers (Synapta digitata, Fig. 232) häufig einen pfropfenzieherartig gewundenen Schlauch, den er, da er mit der Bauch-

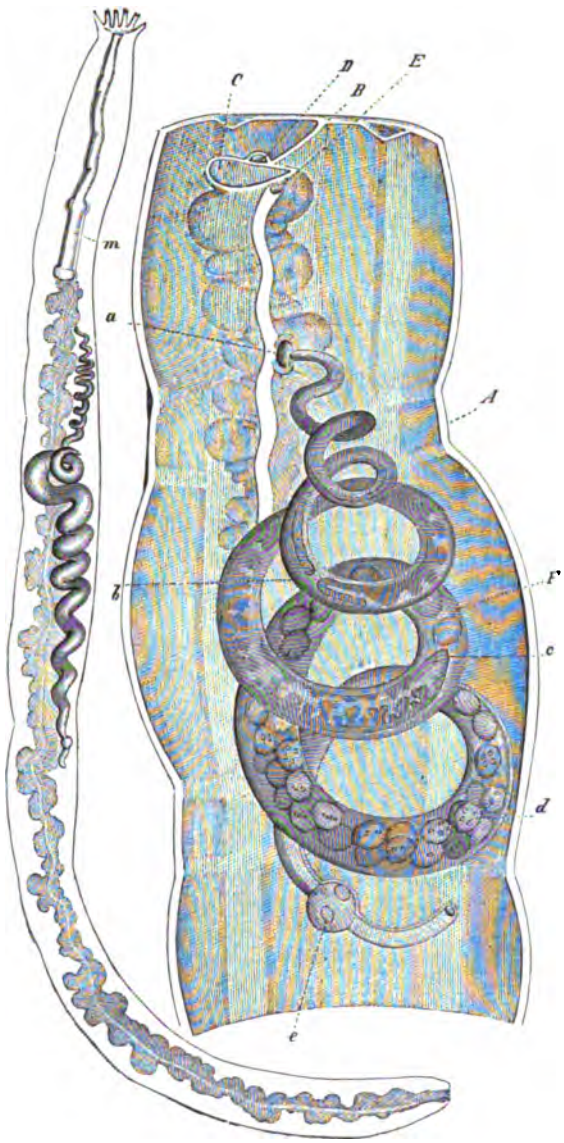


Fig. 232.

Synapta digitata mit dem Schneckenſchlauche in natürlicher Größe, und vergrößertes Mittelſtück daneben. A Leibeswand der Synapta, B Magen, C Darm, D Rücken-Blutgefäß, E Bauch-Blutgefäß, an welches der Paraſit bei a ſich feſtſaugt, b c Eierſtock, d Eikugeln, e Samengefäß.

aber der Holothurie in einem festen Zusammenhange zu stehen schien, anfangs für ein Organ derselben ansah. Aber in seinem Innern reiften Eier, die sich in kleine Gehäuseschnecken mit gewundner Schale verwandelten und Deckel, rudimentäre Fühler und Sinnesorgane besaßen, Errungenschaften der Ahnen, die alle wieder zurückgebildet werden, wenn die Schnecke in die Holothurie eingeschlüpft ist, und auf den kümmerlichen Zustand eines Eingeweidewurms zurücksinkt. Man hat die Einwanderung dieses mit Recht Wunderschnecke (Entoconcha mirabilis) benannten Thieres noch nicht direkt beobachtet, aber es ist wahrscheinlich, daß sie bei sehr jungen Thieren, vielleicht schon bei der Larve geschieht. Auch schließt man aus gewissen Anzeichen, daß die einwandernde Schnecke eine Nacktschnecke gewesen ist, deren Larven Schneckenhäuser besitzen, da sie ihrerseits von Gehäuseschnecken abstammen.

Fig. 233.
Rhizochilus antipathum.
Dreifach vergr. Nach Steenstrup.

Ein anderer sehr interessanter Fall des Zusammenlebens einer Schnecke mit andern Thieren wurde vor vielen Jahren von Steenstrup zuerst beschrieben. Diese Schnecke (Rhizochilus antipathum, Fig. 233) bietet in ihrer Jugend vollständig die Charaktere eines Kinkhorn (Buccinum) dar. Aber sobald sie eine bestimmte Altersstufe und Größe erreicht hat, siedelt sie sich regelmäßig auf den Zweigen einer Hornkoralle (Antipathes) an, umwulstet mit ihren Lippen die Aeste derselben, verklebt den Schalenmund mit einem gewölbten Deckel, der unten in ein Rohr ausgeht, durch welches sie mit der Außenwelt verkehrt, und treibt so sonderbare Wucherungen des Schalenmundes hervor, wie keine andre bekannte Schnecke. Ohne Zweifel handelt es sich dabei um eine zur Regel gewordene Abnormität, die dadurch entstanden ist, daß die Ansiedlung einer gewöhnlichen Buccinide zwischen den dünnen Zweigen der Hornkoralle für sie von Vortheil gewesen ist.

Eine viel anspruchsvollere und gewichtigere Rolle als Muscheln und Schnecken sehen wir den Bruderstamm der Kopffüßler (Cephalopoden) oder Kraken in der Weltgeschichte spielen, die ihren Namen einem Kranze um den Kopf und Mund gestellter Greiforgane verdanken. Sie sind offenbar Nachkommen jener oben (S. 345) erwähnten Stummelköpfe oder Flossenfüßler, die in vieler Beziehung zwischen Muscheln und Schnecken in der Mitte stehen, und auch ihrer Entwicklungsgeschichte nach eine sehr ursprüngliche Gruppe zu sein scheinen. Es ist merkwürdig, wie sich bei diesen, nach ihren versteinerten Resten sehr alten Thieren bereits gewisse Fähigkeiten zeigen, die auch die höchsten heute lebenden Kopffüßler ausnützen, um ihren Verfolgern zu entgehen. So wissen einige dieser Flossenfüßler, von denen man mehrere unter dem Namen des Walfischaases zusammenfaßt, namentlich die Gattungen Clio, Cliopsis und die mit Polypen-

armen versehene Gattung Pneumodermon, dadurch ihren Verfolgern, zu entgehen, daß sie rings aus der Haut ein milchartiges Sekret ausscheiden, welches das Wasser weit umher trübt, gerade wie es die höheren Cephalopoden auch thun. Andere Arten, wie z. B. Tiedemannia neapolitana, wissen durch Anfüllung und Leerung sternförmiger Farbenzellen, die dicht unter der Haut liegen, ihre Färbung der jedesmaligen helleren oder dunkleren Umgebung so anzupassen, daß man sie viel leichter übersieht, eine Eigenthümlichkeit, die ebenfalls die höheren, modernen Kopffüßler auszeichnet, so daß wir in diesen Kriegslisten Fähigkeiten sehen müssen, die wahrscheinlich bereits die Ahnen des gesammten Stammes auszeichneten.

Fig. 234.
Orthoceras annulatum.

In der Regel aber ist die Zahl der kleinen Fangarme am Munde, die wir schon bei den Stummelköpfen (Fig. 225) die kegelförmige Hervorragung bilden sehen, und von denen bei Pneumodermon zwei mit Saugnäpfchen versehen sind, bedeutend vermehrt, und sie bilden dann einen Kranz von in der Regel acht bis zehn rings um den Mund gestellten Fangarmen, auf diese Weise den Wirbelthieren und Gliederthieren, deren Gliedmaßen hinter einander am Rumpfe befestigt sind, wenigstens einen ganz verschiedenen Typus auf höherer Entwicklungsstufe gegenüberstellend. Zu den Pteropoden hat man bisher meist die dünnen, röhrenförmigen, durch zahlreiche undurchbohrte Scheidewände in Kammern getheilten Gehäuse gerechnet, welche in den silurischen Schichten sehr häufig sind, die aber von Jhering unter dem Namen der Leptoceratiten als die Ahnen der Cephalopoden angesehen und an die Wurzel des Stammes gestellt werden. Ihre angeblichen, schon in der Silurzeit häufigen Nachkommen, die Geradhörner (Orthoceratiten, Fig. 234), welche eine bedeutend erhöhte Durchschnittsgröße und dickere Außenwände besaßen, unterscheiden sich von ihnen sogleich dadurch, daß die Kammerwände durchbohrt sind, aber es giebt in der That auch bei ihnen einzelne Gattungen (z. B. Endoceras) mit dütenartig gebogenen und ineinandergeschobenen undurchbohrten Kammerwänden, und es läßt sich nicht läugnen, daß sie unvermittelt und ohne nachweisbare Ahnen auf der Weltbühne erschienen

wären, wenn man sie nicht von jenen röhrenbewohnenden, den Pteropoden naheſtehenden Leptoceratiten ableiten könnte, auf deren undurchbohrte Kammern wir ſogleich zurückkommen.

Die Cephalopoden gehören zu den unermüdlichſten Baumeiſtern, die es geben kann, ſtets beſchäftigt, das alte Haus durch einen weitern Anbau an der Mündung zu verlängern, und ſobald der neugewonnene Vorderraum genügte, die alte zu eng befundene Kammer durch eine Wand hinter ſich abzuſchließen und dieſe Arbeit immerfort zu wiederholen. So entſtand jedesmal eine lange Flucht hintereinander liegender und durch Querwände von einander getrennter Kammern, entweder in gerader Anordnung, wie bei den Geradhörnern (Orthoceratiten, Fig. 234) oder in ſpiralförmig aufgewundener Form, ſo daß der ganze Palaſt einem großen Schneckenhauſe gleicht. Zwiſchen dieſen beiden Endtypen giebt es dann zahlreiche Zwiſchenformen, indem der Stab an dem einen Ende in die mehr oder weniger vollendete, weiter oder enger gerollte Spirale übergeht. Unter anderm ſehen wir ſchon im ſiluriſchen Meere das Zeichen der Hohenprieſterſchaft in Form kunſtgerecht geſtalteter Biſchofsſtäbe (Lituiten, Fig. 235) umherſchwimmen, deren Bewohner offenbar gefräßige, unheilige Weſen, wie alle ihre Collegen waren.

Fig. 235.
Lituites cornu arietis.

Unſere Gelehrten würden die ſchwerſten Sorgen um das richtige Verſtändniß dieſer ihre Angehörigen nach Tauſenden zählenden, aber heute faſt gänzlich ausgeſtorbenen Familie haben, wenn ſich nicht glücklicherweiſe ein Stellvertreter aus dem allgemeinen Untergange gerettet hätte, ein Abgeſandter gleichſam, den die früheſte Urzeit an die Neuzeit gerichtet hat, und der die ungeheure Reiſe durch die Jahrtauſende glücklich vollendete, das Schiffsboot oder der Nautilus (Fig. 236), deſſen ſchöne perlmutterglänzende Schale früher häufiger als jetzt zu Kunſtgegenſtänden (Pokalen) verarbeitet wurde. Dieſes wahrhaft den Namen eines letzten Mohikaners verdienende Thier, dem in ſehr frühen Jahren alle ſeine Anverwandten ſtarben, beſitzt noch jene wenig gekrümmten Kammerwände, wie die älteſten Kopffüßler, es athmet noch wie jene ausgeſtorbenen Cephalopoden der älteren Linie, die man daher als Tetrabranchiaten zuſammenfaßt, mit vier Kiemen, während ſich das geſammte jüngere noch heute blühende Geſchlecht der Kopffüßler (Dibranchiaten) mit zwei Kiemen behilft. Wir erfahren von jenem Botſchafter der Vorwelt, daß die zahlreichen unbewohnten Hintergemächer von den Thieren deshalb mit herumgetragen wurden, um als Schwimmapparat zu dienen, und daß der lange ſehnige Strang, welcher die Wände und Kammern durchbohrt

und bis in die hinterſte eindringt, wahrſcheinlich nur dazu diente, mit dieſen verlaſſenen Räumen lebendige Fühlung zu unterhalten.

Wir müſſen uns die Entſtehung dieſes Stranges und ſeiner Hülle (Sipho) vermuthlich ſo denken, daß das Thier urſpünglich nur in der eingebogenen Dute der letzten Scheidewand mit einem Strang feſtgewachſen war, und daß der Strang nicht die Kammerſcheidewände durchbohrte, wie dies auch weder bei **Endoceras**, noch bei den erwähnten Leptoceratiten der Fall geweſen iſt. Da nämlich, wie **Sandberger** und **Hyatt** feſtgeſtellt haben, auch bei unſerem **Nautilus** und den Goniatiten die erſtangelegten Scheidewände nicht vom Sipho durchbohrt werden, ſo kann man darin die Wiederholung des urſprünglichen Verhaltens der Ahnen vermuthen und annehmen, daß der Sipho-Strang urſprünglich von dem weiterwachſenden Thier jedesmal von der Scheidewand gelöſt und nachgezogen wurde, in der Folge aber begann, an der urſprünglichen Anſatzſtelle haften zu bleiben und indem er die Scheidewände durchbohrte, immer länger zu

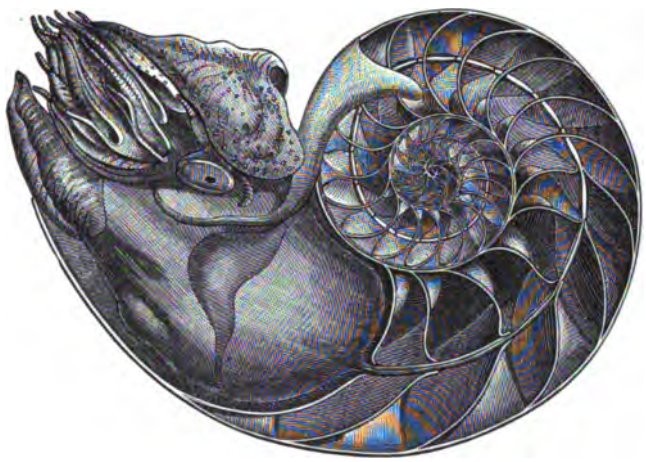


Fig 236.
Nautilus pompilius mit in der Mittelebene bloßgelegten Kammern.

wachſen, ſo daß er ſtets ſämmtliche früher gebildete Kammern durchzog. Er umgab ſich dabei mit einer von der Scheidewand rückwärts reichenden Siphonaldute, die ſich bei den älteren Cephalopoden jedesmal bis zur vorigen Scheidewand zurück und in die vorhergehende Dute hinein erſtreckte, in der Folge aber immer kürzer wurde. Die leeren, luftgefüllten Kammern aber dienen dieſen Thieren, welche die Tyrannen der älteſten Meere darſtellten, und ſich vielleicht wie ein Habicht auf ihre Beute ſtürzten, als ein zweckmäßig eingerichteter Schwimmapparat. Will ſich unſer Nautilus zum Sinken bringen, ſo zieht er ſich mit dem Kopfe und ſeinen zahlreichen Armen ſammt dem Vorderkörper in ſeine Kammer zurück, um den ganzen

Bau schwerer zu machen; will er im Gegentheil zur Oberfläche des Meeres emporsteigen, so streckt er sich so weit als möglich aus seiner Schalen-Behausung hervor und das dadurch trotz seiner kalkigen Schale leichter als Wasser werdende Thier steigt nun schnell in die Höhe. Außerdem dient ihm die Fähigkeit, das zum Athmen eingesogene Wasser mit einer gewissen Heftigkeit hervorzusprudeln, als Mittel, sich in entgegengesetzter Richtung zu bewegen, mit einem Worte, die Ammoniten, wie man die ganze Gruppe nach der herrschenden Form späterer Zeiten zu nennen pflegt, waren, wenngleich ohne Schwimmblase und Flossen, Schwimmer der vollkommensten Art, vielleicht die ersten unter den Gehäuse-Thieren, die sich vom Meeresboden erhoben, um kühnen Aeronauten unserer Zeit gleich, die höheren Regionen ihrer Welt zu besuchen. Mit den später gekommenen Fischen, den eigentlichen Ruderern der Meere verglichen, hat ihre Schwimmmaschine entschieden etwas an einen vollkommneren Luftballon mit seitlicher Lenkungsfähigkeit Erinnerndes; es ist eine künstliche Maschinerie, während die Fische, abgesehen von ihrer Schwimmblase, sich nur direkt durch geschickte Körperbewegungen forthelfen. Die Gefräßigkeit der heutigen nähern und ferneren Stammverwandten als Erbübel betrachtend, erblicken wir in den die Höhen und Tiefen der silurischen Meere unsicher machenden Kammerherren wohl mit Recht die Schrecken und Tyrannen der Primordialfauna. Es darf aber nicht verschwiegen werden, daß der verbreiteten Ansicht von der Leichtbeweglichkeit der Ammoniten, eine andere von Johannes Walther vertheidigte, entgegensteht, der in ihnen schwerbewegliche Boden- und Klippenbewohner, wie die heute lebenden Kopffüßler erkennen will. Man hat z. B. Ammoniten beobachtet, auf deren Schale sich Austern festgesetzt hatten, über die sich die folgende Windung hinweglegen mußte, was nicht für eine unruhige Lebensweise spricht. Daß diesen Raubrittern der Silurmeere ihr Handwerk etwas eintrug, ersehen wir aus dem ansehnlichen Umfange, welchen einige mit ihrem, freilich zum großen Theil mit Luft gefüllten Körper erreichten. Geradhörner (Orthoceratiten) von einem Fuß im Durchmesser und sechs Fuß Länge sind keine ungewöhnlichen Ausnahmen. Auch in der Artenzahl standen sie früh ehrfurchtgebietend da.

Fig. 237.
Die Entwicklung des Bauchlobus: 1 bei Nautiliten, 2 bei Goniatiten, 3 bei Ceratiten, 4, 5, 6 bei Ammoniten der Schwarzjura-, Braunjura- u. Kreide-Zeit.

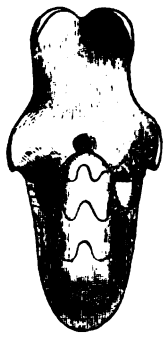


Fig. 238.
Aganides (Pseudonautilus) Geinitzi.

Wie die heute lebenden Cephalopoden sich fast ohne Metamorphose fertig aus dem Ei herausschälen, so treten ohne merkliche Vorbereitung in den silurischen Meeren bereits ungeheure Mengen (Barrande hat 1600 Arten aufgezählt) dieser Thiere auf den Schauplatz, ein Beweis, daß eine vorbereitende Lebewelt von langer Dauer fast spurlos vernichtet sein muß, was auch aus andern paläontologischen Funden hervorgeht. Für den Daseinskampf mit entwickelteren Wesen scheinen diese ungeschlachten Gesellen nicht befähigt gewesen zu sein, denn sie begannen nach mannigfachen Versuchen schon im Anfange der Primärzeit abzunehmen und jüngeren Bewerbern Platz zu machen. In der Steinkohlenzeit verschwanden die Formen mit geraden und wenig gebogenen Kammerwänden vom Schauplatz, und schon damals waren die Nautilusarten fast die einzigen Ueberlebenden eines ehemals so ansehnlichen Geschlechtes. Allein vorläufig blühete es in üppiger Fülle weiter in Gestalten, die sich deutlich aus jenen entwickelt haben, aber vielfach abändern und im Ausbau ihrer Kammerwände und Schalen ausgearbeiteter, zierlicher erscheinen (Fig. 238). Die alle Kammern durchziehende Röhre oder Sipho wechselt ihre Lage und die Anheftungslinie der Scheidewände kräuselt sich in eben so schmuckvollen, wie charakteristischen Zickzack- und Arabeskenlinien (Fig. 237). In letzterer Figur ist nur der Bauchlappen, welcher auf der Innenseite der Kalkröhre dem Sipho gegenüber liegt, gezeichnet, aber die rings an der Innenwand verlaufenden Lobenlinien verhalten sich ganz ähnlich. Wurde bei dem Versteinerungsprozeß die Schale erhalten, so ist von diesen Loben natürlich nichts zu sehen, weil sie sich auf der Innenseite der Schale abzeichnen. Aber in den meisten Fällen ist die dünne Schale durch den Versteinerungsprozeß

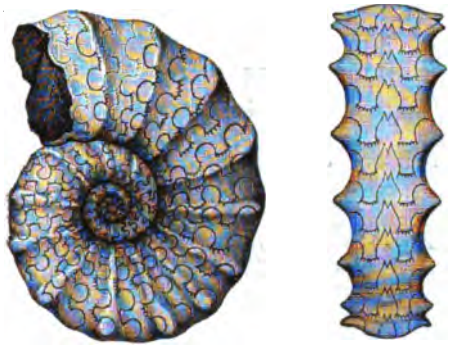


Fig. 239.
Ceratites nodosus aus den Triasschichten.

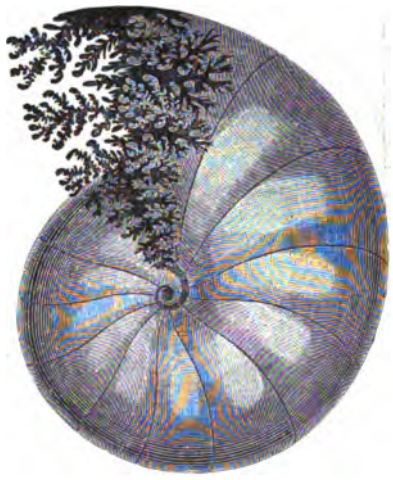


Fig. 240.
Ammonites heterophyllus. 1/2 nat. Gr. aus dem mittleren Lias von Bezingen mit eingezeichneten vollständigen Loben und Sätteln Nach Quenstedt.

zerstört, oder beim Herausschlagen in dem umhüllenden Gestein theilweise oder ganz sitzen geblieben. Dann erscheinen die Lobenlinien auf dem Kern in der größten Zierlichkeit und man erkennt zugleich, wie sich inmitten der Rückenloben ein kleiner Gegenlobus, der Sattel einschiebt. (Vergleiche Fig. 239.) Andernfalls können die Lobenlinien natürlich durch Wegschleifen der Schale blosgelegt werden, wenn es für die Bestimmung der Art nöthig ist.

Fig. 241.
Pachydiscus Seppenradensis Landois. (Nach Photographie)

Man sieht leicht aus der obigen Zusammenstellung, wie diese Lobenlinien in den aufeinanderfolgenden Geschlechtern immer krauser wurden, bis sie bei den Ammoniten der mittleren Jurazeit eine solche Zusammengesetztheit erreichten, daß ihre Zeichnung an versteinerte Moose und Dendriten erinnert (Fig. 240). Die Ausbildung dieser Schnirkelsucht hatte im Uebrigen gewiß ihre Vortheile, denn die dünne, vielleicht ziemlich zerbrechliche Schale wurde dadurch offenbar viel fester gestützt, als durch die älteren geraden oder weniger gebogenen Scheidewände. Bei den Ammoniten der Kreidezeit findet indessen wieder eine Rückkehr zur Einfachheit in der Zeichnung der Loben statt, zugleich machen sich aber Einseitigkeiten und Unregelmäßigkeiten bemerkbar, die den Verfall des Geschlechts bezeichnen, welches sodann mit der Kreidezeit vollständig ausstarb.

Die Größe der Ammoniten wechselt von wenigen Centimetern im Durchmesser bis zu derjenigen von Wagenrädern und Mühlsteinen. Die größte bisher gefundene Art ist die Seppenrader Dickscheibe (Fig. 241), welche 1895 in einem der obern Kreide angehörigen Steinbruche von Seppenrade bei Lüdingshausen (Westphalen) gefunden wurde. Der gewaltige Steinkern

hat ein Gewicht von 3500 Kilogrammen, und die Schale erreicht nach Ergänzung der abgebrochenen vordern Wohnkammer durch ein Drahtgewebe im Museum zu Münster einen Durchmesser von 2,55 und einen Umfang von 6,67 Metern. Das Kreidemeer jener Gegend muß an solchen Ungethümen reich gewesen sein, denn schon einige Jahre vorher war hundert Schritt von der letzteren Fundstätte eine andre Art (Ammonites Coesfeldiensis Schlüter) gefunden worden, deren Petrefakt ebenfalls das ansehnliche Gewicht von 3000 Kilogrammen erreichte.

Die große Anzahl der in den Erdschichten der Secundärperiode zur Ablagerung gekommenen Ammoniten macht ihre unendlichen Formenreihen zu einem besonders schlagenden Beweise für die Wahrheit der Descendenz-Theorie. Specialforscher, die sich mit ihnen näher beschäftigt haben, wie in neuerer Zeit namentlich Neumayr und Würtenberger fanden, daß von scharf abgegrenzten sogenannten guten Arten bei ihnen nur dann die Rede sein kann, wenn man die Formen einer dünneren, beschränkten Erdschicht unter einander vergleicht, wo dann also ebenso wie in der Gegenwart die Arten festzustehen scheinen. Nahmen sie aber die Arten der darunter und darüber liegenden Schichten hinzu, so ergaben sich unendliche Formenreihen, in denen nicht nur die Arten durch Zwischenformen miteinander verbunden wurden, sondern auch die Gattungen, ja die Familien in einander übergingen, so daß alle Formen sich zu verzweigten Stammbäumen gruppiren ließen.

Fig. 242.
Ammonites Jason. Aus den Juraschichten.

Wenn wir auch von der Gestalt des Thieres und seinem Leben uns nur nach Analogien eine Vorstellung machen können, so reicht doch die äußere Gestalt der Schale und namentlich die Ornamentirung derselben hin, Hunderte und Tausende verschiedener Gestalten bei ihnen zu unterschieden. Sehr allgemein bedeckte sich die ursprünglich glatte Schale mit Querrippen, die sich dann bei jüngern Arten verschiedentlich umformten, verzweigten und an den Gablungsstellen Knötchen bildeten, die ihrerseits Höcker trugen, wie z. B. bei Ammonites Jason (Fig. 242). Nun bietet aber das allmälige Weiterwachsen der Schale bei den Ammoniten eine höchst günstige Gelegenheit, um daran nachträgliche Studien über die Ontogenie oder Entwicklungsgeschichte der Individuen im Verhältniß zur Phylogenie oder Stammesgeschichte machen zu können, die uns ja in zahlreichen Individuen vorliegt, wobei der günstige Umstand hinzukommt, daß die Veränderung zeitweise verhältnißmäßig rasch vor sich gegangen sein muß. Das biogenetische Grundgesetz, nach welchem die Ontogenie, oder die Entwicklung des Individuums eine kurze und schnelle, durch die Gesetze der Vererbung und Anpassuug bedingte Wiederholung der Stammesgeschichte ist, ließ sich also hier, statt an den verschiedenen aufeinanderfolgenden

Jugendzuständen, an den Windungen einer und derselben Schale, bei Arten, deren Geschichte festzustellen war, kontroliren.

So z. B. kann die Ammoniten-Gruppe der Widderhörner (Arietites), deren Angehörige oft Mühlstein- und Wagenradgröße überschreiten, ausgehend gedacht werden von A. psilonotus der Triasschichten, der durch sein ganzes Leben glattwandig blieb, durch den Arnioceras miserabilis, der noch einen Anfang glatter Windungen um den Nabel oder Windungsmittelpunkt besitzt, dann aber Rippen, Kiel und Rinnen ausbildet, zum A. Conybeari, der erwachsen seine Rippen mit Höckern schmückt. Diese erscheinen bei Coroniceras, einer spätern Reihe, schon im jugendlichen Alter, wie denn neue Abänderungen der Schale stets auf der äußersten Windung auftreten und dann bei den Nachkommen immer weiter nach innen zurückgedrängt werden. Es läßt sich das so erklären, daß jedes Wesen erst den ihm vererbten Entwicklungsgang vollständig durchmachen muß, ehe es von den Fesseln der Erbschaft gewissermaßen befreit und mündig, seine eigenen Wege im Kampfe um's Dasein gehen kann. Die Nachkommen aber ererben jene Neuerung bereits, und darum erscheint sie in ihren späteren Gliedern fortlaufend früher, gleichsam zurückgedrängt durch nachfolgende Neuerungen, woraus sich dann erklärt, daß in Familien, deren Arten einen sehr großen Wechsel durchgemacht haben, die ursprünglichsten Formen so zusammengedrängt erscheinen, daß sie unkenntlich werden und der Anschein der abgekürzten Entwicklung entsteht, in welchem die ältesten Ahnenformen gleichsam übersprungen werden.

Fig. 243.
Turrilites catenatus aus den Kreideschichten.

Während nun die eigentlichen Ammoniten durch eine geschlossene, in einer Ebene liegende Spiralwindung, charakterisirt sind, bei denen sich jede folgende Windung eng an die frühere anlegt, beginnen in der Jurazeit, die in der Kreidezeit ihre Hauptentwicklung erlangenden und zugleich den Anfang vom Ende bezeichnenden „ammonitischen Nebenformen", die zwar durch die Entwicklung der Kammerwände und Schalenskulpturen im engsten Verwandtschaftsverhältniß zu den echten Ammoniten stehen, aber irgend eine besondere, abweichende Idee verwirklichen. Darunter winden sich einige Formen z. B. Turrilites (Fig. 243) nicht mehr, wie alle ordentlichen Ammoniten in einer Ebene, sondern als Kegel wie die Schnecken. Andere haben wieder den Vortheil der Festigkeit, welchen das Aneinanderlegen der Windungen gewährt, aufgegeben und erscheinen als freie Spirale mit von einander entfernten Windungen. (Crioceras.) Bei andern kommen noch andere Evolutionen vor, und einige haben in einem Theile

ihres Lebens die spiralige Bauweise und in einem andern die Vergrößerung in einer geraden Linie, wie die Orthoceratiten befolgt. Mitunter kann man auch wohl die Ursachen solcher neumodischen Abweichungen von dem altbewährten Bauplan vermuthen. Bei solchen Arten nämlich, wo der Rücken mit Stacheln besetzt war, wie z. B. bei Ancyloceras (Fig. 244)

Fig. 244.
Ancyloceras Matheronianus aus den Kreideschichten.

mußten die Rückenstacheln der ältern Windungen sich in die Baufläche der jüngeren eindrücken und das Thier saß dann, wie auf einer Hechel, eine gewiß ebenso unbequeme als hinderliche Unterkunft, welche die Entfernung der Windungen von einander, das „Aufrollen" der sonst durch ihre Stacheln wohlbeschützten Armaten, erklärt. Dieses Aufrollen war aber an sich sicher kein Vortheil, da es wieder der Festigkeit des Gesammtbaues Eintrag that und wir begreifen daher das nahe Ende dieses in den Nebenformen aus Rand und Banden gegangenen Geschlechts. So veränderungslustig es sich, alles früher Dagewesene auf höherer Stufe wiederholend, noch einmal genug that; es hatte die Grenzen seiner Herrschaft erreicht; mit den obern Kreideschichten verschwindet die bunte Mannigfaltigkeit der Ammoniten mit einem Male, wie weggefegt vom Meeresboden. Während das so viel ältere Nautilusgeschlecht fortlebt, waren sie seitdem getilgt aus der Reihe der Lebenden, und so oft auch der Brahmine die heiligen Saligram-Ammoniten vom Himalaya mit der Tulsipflanze vermählt, er wird keine Nachkommenschaft erzielen. Hatten sie ausgelebt, oder einen Meister in der Gefräßigkeit gefunden, der ihre Stelle einnahm?

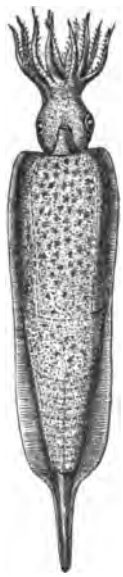


Fig. 245.
Belemnit restaurirt.

Bei der letzteren, wahrscheinlicheren Annahme wird man den siegreichen Nebenbuhler, wie in den meisten solcher Fälle, am sichersten unter den nähern Verwandten des Thieres mit ähnlichen Lebensansprüchen suchen. Vielleicht geben uns die Belemniten (Fig. 245), welche ungefähr gleichzeitig mit den echten Ammoniten auftauchen, ihre Höheperiode erreichen und bald hernach verschwinden, einen Fingerzeig in der Angelegenheit. Es waren dies zum Theil ebenfalls sehr ansehnliche, bis mannslange,

vielleicht aus einem Zweige der Orthoceratiten hervorgegangene Kopffüßler mit zehn Armen, welche also die heute noch artenreich in etwas veränderten Nachkommen fortblühende Gruppe der Zehnfüßler (Dekapoden) eröffneten, an den Armen aber meist Haken, statt der später erscheinenden Saugnäpfe trugen und meist der beiden längern Fangarme der lebenden Zehnfüßler entbehrten. Das gekammerte Schalengehäuse der älteren Cephalopoden wurde bei ihnen durch den überwachsenden Mantel nach innen gedrängt und hat sich viel seltener erhalten als seine hintere Verlängerung, der massive Schwanzstachel. Derselbe nimmt sehr verschiedene Gestalten an, die sogenannten Donnerkeile, Teufelsfinger oder Elfenpfeile, nach denen man mehrere hundert Belemniten-Arten unterschieden hat. Die Verbindung dieses Schwanzstachels oder der Scheide (Rostrum), welche oft sehr verlängert und manchmal unten verdickt war, mit dem kegelförmigen, gekammerten Tütengehäuse (Phragmoconus), welches von einem auf der Bauchseite liegenden Sipho durchzogen war, unten mit einer kuglichen Embryonalkammer begann und sich nach oben in das dünne Rückenblatt (Proostracum) verlängerte, zeigt Figur 246. Alle diese Gerüsttheile der bereits, wie alle lebenden Kopffüßler (mit Ausnahme der Nautilus-Arten) zu den Zweikiemern oder Dibranchiaten (vgl. S. 356) gehörigen Belemniten, waren, wie in Fig. 245 dargestellt, von dem Mantel umhüllt, aus welchem nur der untere Theil der Scheide oder Schwanzspitze hervorschaute. Durch die Belemniteuthiden der Trias- und Jurazeit, die eine ähnliche innere Schale hatten, bei denen aber der Schwanzstachel auf einen dünnen kalkigen Ueberzug des Phragmocons reduzirt war, und die Belosepia des Eocäns gingen die Belemniten unmittelbar in die lebenden Tintenfische über, die auch den Phragmocon verloren haben, und nur das Rückenblatt als sogenannten Schulp (os sepiae) unter der Rückenhaut als einen letzten Rest von dem innern Gehäuse der Belemniten bewahren. Der übrige Körper war im Allgemeinen bei den Belemniten, denen auch der Tintenbeutel nicht fehlte, vorgebildet.

Fig. 246.
Schalengerüst eines Belemniten, restaurirt.
Po Rückenschulp,
Ph Phragmocon,
R Rostrum.

In den miocänen Schichten Italiens findet man mehrere Belemnoiden (Spirulirostra und Spirulirostrina), bei denen die Kammern des Phragmocons nicht gradlinig hintereinander, sondern in einer Spirallinie wie bei den Ammoniten liegen, nach hinten von der Scheide eines Schwanzstachels umfangen. Dieses Thiergeschlecht lebt in dem Posthörnchen (Fig. 247) noch heute weiter, obwohl Schwanzstachel und Rückenblatt völlig geschwunden

sind. Im hintern Theile seines Leibes schaut nur noch die gekammerte Spiralschale mit wenigen einander nicht berührenden Windungen nach der Rücken- und Bauchseite aus dem Mantel hervor. Man findet diese durch ihre Luftkammern getragenen Spiralschalen häufig im Meere schwimmend oder an die Küsten geworfen, während das wahrscheinlich in unzugänglichen Tiefen der warmen Meere lebende Thier selten gefangen wird und in den Sammlungen außerordentlich sparsam vorkommt. Es ist der letzte Vertreter der Belemnoiden.

Das jüngere Geschlecht der schalenlosen Cephalopoden begann an Stelle der eingegangenen äußern Schale ein inneres Skelett auszubilden, sowohl um als Stütze eines Paares sich entwickelnder Seitenflossen zu dienen, als auch um in Form knorplicher Einhüllungen dem Hauptnervenknoten (Gehirn) und den edleren Sinnesorganen einigen Schutz zu gewähren. Dieses Skelett ist aber, wie bei den ältesten Fischen, nicht über den Zustand der Knorpelbildung hinausgekommen. Daneben bewahren die Tintenfische als Abzeichen ihres alten Stammbaumes unter ihrer Rückenhaut, den Schulp, der manchmal, z. B. bei Loligo vulgaris die Gestalt einer Vogelfeder mit langem Kiel annimmt, ein letzter Rest des ehemaligen Gehäuses, wie die alten Künstler das Dioskurenpaar stets mit dem Eierschalenreste auf dem Kopfe darstellten, um damit anzudeuten, daß sie die echten Söhne des ihrer Mutter Leda in Schwanengestalt genaheten Zeus seien.

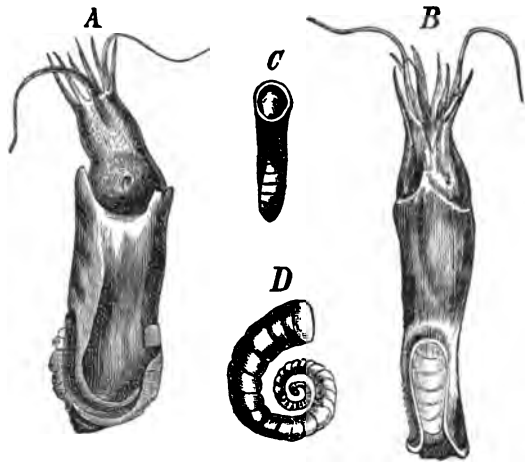


Fig. 247.
Spirula Peronii Lamarck.
A und B von unten und von der Seite, C und D das in B hervorschauende Posthörnchen in zwei Ansichten. (Nach G. v. Hayeck.)

Die heute lebenden, einer äußeren Schale entbehrenden Kopffüßler sind im Vergleiche zu den Muschelthieren, mit denen sie aus gleichen Anfängen hervorgingen, hochentwickelte Wesen, bei denen man unwillkürlich versucht wird, sie den Wasser-Wirbelthieren gegenüber zu stellen, als die Spitzen eines in anderer Richtung vorwärts geschrittenen Stammes. In ihrer der beengenden Schale entronnenen, freigewordenen Form sind sie keine Hervorbringungen uralter Perioden, sondern vergleichsweise moderne Schöpfungen, Herren des Tages, wie irgend die Wirbelthiere es sein mögen. Dies spricht sich schon in der ungewöhnlichen Größe der heute lebenden Kraken und

Tintenfische aus, welche zuweilen mit ihren ausgestreckten Fangarmen die Länge von dreißig Fuß erreichen, wie schon Plinius behauptete, und neuere Beobachtungen bestätigt haben. Man hatte diese Berichte der Alten und die im Volke umlaufenden Geschichten von Riesenkraken und Meermönchen oder Meerbischöfen für Märchen gehalten, bis in neuerer Zeit immer häufiger riesengroße Exemplare von Tintenfischen, sowohl aus der Abtheilung der Achtfüßler (Octopoden) mit acht gleichartigen Mundarmen, wie aus derjenigen der Zehnfüßler (Decapoden), die außer diesen noch zwei bedeutend längere Fangarme besitzen, glaubwürdigen Beobachtern vor Augen und zuletzt in die Museen gelangten. Der unter König Christian III. von Dänemark 1545 oder 1546 bei Malmö im Sund gefangene (vier Ellen lange Meermönch, der noch drei Tage lebte und mit unartikulirten Stöhnen der unlängst zum neuen Glauben übergetretenen Christenheit Angst machte, war nach Steenstrups Darlegung unzweifelhaft ein großer Tintenfisch gewesen, den man in den damals an alle Potentaten gesendeten Conterfeys trotz aller phantastischen Zuthaten noch deutlich wieder erkennt. Im November 1861 erbeutete der französische Dampfer Alekto zwischen Madeira und Teneriffa die Schwanzflosse eines Tintenfisches, den man auf 5 bis 6 Meter Länge und 2000 Kilogramm Gewicht schätzte; leider riß das Thier über der Schwanzflosse, um die man das Fangseil geschlungen hatte, durch und das Ungethüm entkam. In den letzten Dezennien wurden ziemlich häufig bei stürmischem Wetter große Exempare an die Küsten von Japan, Irland, Neuseeland und besonders von Neufundland geworfen; an der letzteren Küste wohl 20 Stück nacheinander. Ein in der Trinity-Bai lebend gefangener Architeuthis princeps Verrill von röthlich grauer Farbe, dessen Körperlänge von der Schwanzflosse bis zum Ende der beiden langen Fangarme über dreizehn Meter beträgt, wovon auf die Fangarme allein zehn Meter kommen, konnte für das New-Yorker naturhistorische Museum (Fig. 248) präparirt werden; der Körperumfang beträgt an seiner dicksten Stelle 233 und der Augendurchmesser 19 Centimeter. Neben diesem großen Zehnfüßler befindet sich ein ansehnliches, bei Sitka (Kalifornien) gefangenes Exemplar eines Achtfüßlers, des Teufelsfisches (Octopus punctatus) von neun Meter Umfang aufgehängt, das von einer Armspitze zur andern fünf Meter mißt (Fig. 248). Es ist ein naher Verwandter des gemeinen Achtfuß oder Seepolypen (Octopus vulgaris), von dem schon die Alten erzählten, daß er oft Badenden gefährlich werde, weil man sich von den mit großen Saugnäpfen besetzten, den Körper umschlingenden Armen nicht befreien könne.

Auch die auf alten japanischen Holzschnitten öfter dargestellten Abenteuer von Fischern, die in ihren Booten Kämpfe mit Kraken, welche sich an ihr Fahrzeug und an ihre Körper anklammern, zu bestehen hatten, scheinen sich gelegentlich an unsern Küsten zu wiederholen; ich lese eben beim Schreiben dieser Zeilen in einem naturwissenschaftlichen Blatte, daß das Drontheimer

Museum kürzlich in den Besitz eines großen Tintenfisches gelangt sei, den ein Fischer in eiliger Fahrt ans Ufer gezogen hatte, nachdem er sich 75 Kilometer von der norwegischen Küste mit seinen 310 Centimeter langen Fangarmen an dessen Boot geklammert hatte. Diese großen Thiere scheinen der Mehrzahl nach in der Tiefsee ihre Gewaltherrschaft zu üben und nur selten an die Oberfläche zu kommen, denn erst die Tiefsee-Forschungen der Neuzeit haben uns mit einer größern Anzahl hierhergehöriger, niemals vorher gefangener Arten bekannt gemacht. Manche von ihnen hat man bisher

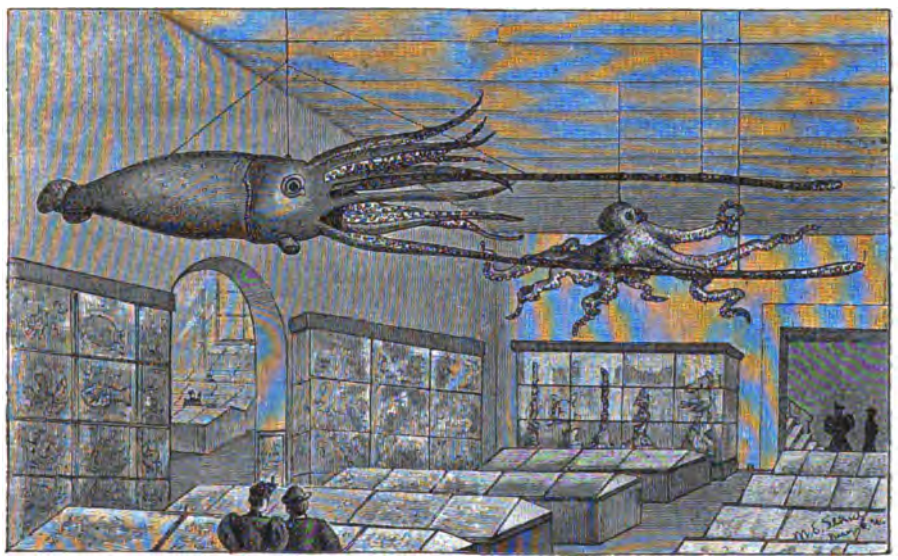


Fig. 248.
Riesenkraken im naturhistorischen Museum von New-York. (Nach Leipz. Illustr. Ztg. Nr. 2748.)

nur bruchstückweise im Magen von Potwalen oder Cachelots gefunden und ein 1895 von der Mannschaft der Dampfyacht des Fürsten von Monaco „Prinzeß Alice" in der Nähe der Azoren harpunirter Cachelot lieferte den Naturforschern die Ueberreste von drei neuen und großen Tiefsee-Tintenfischen. Schon im Todeskampfe warf der Wal fünf eben verschlungene Exemplare aus, drei Stücke einer neuen Histiotheutis-Art, bei der die Mundarme durch eine Haut verbunden sind und zwei Stücke einer ganz neuen Gattung (Lepidoteuthis Grimaldii), deren meterlanger Rumpf mit graden festen rhomboidalen Schuppen bekleidet war, die wie Tannenzapfen-Schuppen in Spiralen um den Leib liefen. Der Magen dieses gleichsam wie ein Naturforscher auf den Fang unbekannter Arten ausgegangenen Thieres enthielt noch mehrere Arme einer wahrscheinlich zu Cucioteuthis gehörigen Art, die nach der Schrumpfung in der Präparirflüssigkeit noch die

Dicke eines Mannesarmes besaßen und mit mehr als hundert großen Saugnäpfen besetzt waren, deren jeder mit einer Kralle, so groß wie eine größere Raubthierkralle besetzt war, in die sich der Saugnapf bei einzelnen Tintenfisch-Familien umwandelt.

Aus dem in der Vorwelt bei ihrem eigenen Stamme nicht übertroffenen Umfang dieser Thiere dürfen wir wahrscheinlich den Schluß ziehen, daß die Cephalopoden den Gipfelpunkt der Entwicklung ihres Geschlechtes noch nicht überschritten haben und daß diese Formen neuerer Entstehung sind. Wir bemerken überall in der Erdgeschichte, daß die Lebewesen in der Periode, die ihnen das Dasein gab, ihren größten Leibesumfang erreichen und da wir größere Kopffüßler auch unter den Schalenbewohnenden nicht beobachtet haben, so dürfen wir in diesem, wenn auch nebensächlichem Umstande, eine Unterstützung der Ansicht sehen, daß diese Epigonen des Weichthierstammes mit der Zeit gehende Fortschrittler sind, keine Ueberbleibsel, die nicht mehr ganz in die Zeit gehörten. Man darf in ihnen vielleicht einen höchsten Ausdruck sehen, wie ihn das Meer an sich, dem thierischen Leben zu geben vermochte, denn in den meisten Beziehungen scheinen sie den Fischen überlegen zu sein. Schon die vielseitige Gliederung des Körpers giebt ihnen einen Vorzug. Ueber die geistigen Fähigkeiten ist es schwer, ein Urtheil zu gewinnen, aber die Ansichten der Alten, die den Achtfuß und die Sepien für ausnahmsweise schlaue Thiere, für die Füchse des Meeres hielten, haben sich in gar manchen Beziehungen bewahrheitet. Diese für das Thier sehr ehrenvolle Meinungen gründeten sich wohl namentlich auf seine Gewohnheit, im Trüben zu fischen, oder sich bei der Verfolgung in dunkle, aus seinem Tintenbeutel entleerte Wolken zu hüllen, ein freilich ziemlich alter Kunstgriff, den bereits frühe Vorfahren ausprobirt hatten. Wenigstens findet man bei ihnen bereits eine Tintenblase und gerade wie Cuvier mit der Sepia eben zerlegter Tintenfische ihre neu beobachteten lebenden Formen getuscht hat, konnte Buckland die Gestalt einiger vorweltlichen Formen mit ihrer vorweltlichen Sepia ausführen. Aber wir wissen, daß dieser Kniff schon den muthmaßlichen Vorfahren der Kopffüßler geläufig war (vgl. S. 354), obwohl sich in der Ausbildung eines besonderen Tintenbeutels entschieden ein Fortschritt gegenüber der das Wasser trübenden Hautausscheidung der Flossenfüßler ausspricht.

Neben diesem Mittel, sich den Verfolgungen zu entziehen, besitzen viele Arten, namentlich die der Achtfüßler (Octopus) ein weitgehendes Vermögen, durch sternförmige Fortläufer in die Oberhaut entsendende, mit flüssigem Farbstoff erfüllte Säckchen (Chromatophoren), die sich bald erweitern und bald zusammenziehen, sich der Farbe des jeweiligen Hintergrundes, vor dem sie auf Raub lauernd sich aufhalten, anzupassen. Gewöhnlich röthlich grau, wechselt die Farbe vom lichten Weiß, zu lebhaftem Roth und tiefen Schwarz und die Farbentöne laufen wie Wellen über den Körper. Bei einigen Arten ist der gesammte Leib mit Ausnahme der Schwanzflosse mit

Leuchtflecken bedeckt. Verany entwirft in seinem Prachtwerke über die Cephalopoden des Mittelmeeres eine begeisterte Schilderung von der Schönheit dieser Thiere. „Ein Fischer", sagt er, rief mich und zeigte mir einen an sein Netz festgeklammerten Segeltintenfisch (**Histioteuthis Bonelliana**); ich ließ ihn packen und in ein Gefäß mit Wasser werfen. In demselben Augenblicke genoß ich das erstaunliche Schauspiel der schimmernden Flecken, welche die Haut dieses schon durch seine Formen so ungewöhnlichen Kopffüßlers schmücken: bald war es der Glanz des Saphirs, der mich blendete, bald ein noch prächtigeres Farbenspiel von Topasschimmer, zu andern Zeiten verschmolzen diese beiden reichen Farbentöne ihr prächtiges Gefunkel. Während der Nacht strahlten die opalisirenden Punkte der Haut ein phosphorisches Licht aus, welches dieses Mollusk zu einem der glanzvollsten Geschöpfe der Natur erhebt."

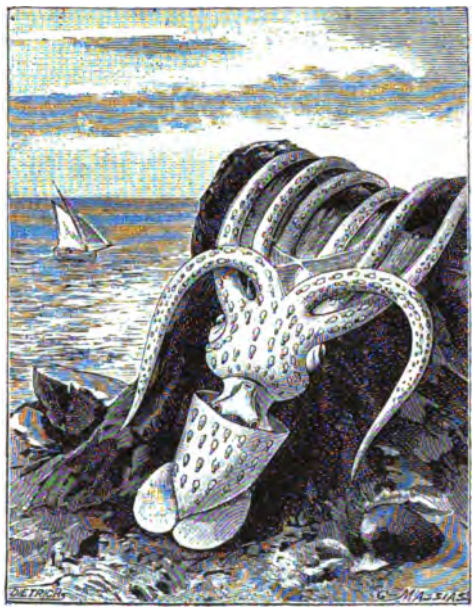


Fig 249.
Histioteuthis Rüppelii von der Bauchseite gesehen.
Nach „la Nature".

Bei Untersuchung der Leuchtflecken einer verwandten, mit ausgestreckten Armen meterlangen Art, **Histioteuthis Rüppelii** (Fig. 249), die man aus 800 Meter Meerestiefe bei Nizza emporgezogen hatte, fand Joubin einen Bau, der demjenigen der Leuchtflecken gewisser Tiefseefische ähnlich ist. Man hatte diese Leuchtflecken, die bei den Fischen gewöhnlich reihenweise an beiden Seiten des Körpers stehen, früher als „Augen" bezeichnet, bis der Schreiber dieser Zeilen 1881 zeigte, daß sie den Bau von Lichtreflektoren besitzen, welche die im Brennpunkte eines Hohlspiegels entstehenden Phosphorescenzstrahlen mittelst einer Krystallinse parallel machen und in die Ferne werfen. Bei unserm Tintenfisch haben die Beleuchtungsapparate, die den Körper wie ein gemustertes Kleid schmücken, einen noch — man möchte sagen — „raffinirteren" Bau. Die Leuchtflecken bilden nämlich nach der Längsrichtung des Körpers gestreckte Ellipsen, die nach dem unteren Ende hin einen tief in die Haut eingesenkten rundlichen Körper enthalten, den bei Tage tief schwarz erscheinenden Leuchtapparat. Er ist in eine schwarze spiegelnde Schicht eingebettet und liegt dem einen Brennpunkte, des bläulich irisirenden, leicht konkaven Fleckes nahe und die

Lichtzellen befinden sich am Grunde eines Krystallkegels, der von einer biconveren und einer concav-converen Linse überwölbt ist. Der Gang der Strahlen dieser kleinen magischen Laternchen ist nun derartig, daß nur ein kleiner Theil derselben direkt hervorbricht, während der andere auf dem Hohlspiegelfleck derartig reflektirt wird, daß sich mit dem Leuchten ein Farbenspielen verbindet.

Auch die Brutpflege gewisser Kopffüßler bietet überraschende Erscheinungen in Fülle dar. Schon Aristoteles hatte bemerkt, daß gewisse Tintenfische ihre Eier ausbrüten. Vor einigen Jahren entdeckte der Reisende Diguet an der Küste von Californien, einen faustgroßen, rosenrothen Achtfuß mit blauen Augen (Octopus Digueti), der seine Wochenstube in den Gehäusen von Kamm- und Venusmuscheln aufschlägt, die er wahrscheinlich vorher ausfrißt. Man fand gegen 60 Stück Eier und Junge neben dem Weibchen in einer solchen Schale; die länglichen, an einem Ende zugespitzten perlmutterglänzenden Eier waren wie die Würste und Schinken einer Räucherkammer mittelst fadenförmiger Verlängerungen ihrer Hülle an den innern Wandungen der Schale aufgehängt. Wenn die neuere Forschung uns mit Fischen bekannt gemacht hat, die unterstützt von dem Besitz fingerförmiger Flossen künstliche Nester aus Meertangen bauen, so kommt doch kein Brutbehälter der Naturwesen an vollendeter Schönheit dem Nachenbau gleich, welchen das Weibchen des Papier-Nautilus (Fig. 250) mit Hilfe zweier segelförmig verbreiterter Arme anfertigt. Es ist freilich nur halb und halb Kunstarbeit, eine vielleicht in mancher Beziehung beeinflußte Ausschwitzung der beiden Armausbreitungen denn die Faltenskulptur der Schale entspricht den Faltungen der Armlappen und die doppelte Höckerreihe am Kiel den Saugnäpfchen derselben, aber schon das Hineinschlüpfen in dieses nirgends mit dem Körper verwachsene Boot, unter dessen Wirbel regelmäßig die Eier angeheftet werden, das Ausbessern der schadhaften Wandung mit jenen Armen, welches durch Madame Power sicher beobachtet wurde, fordern unsere höchste Bewunderung heraus. Beim Schwimmen werden aber diese beiden Schaufelarme wie die andern zum Rudern gebraucht, nicht als Segel, wie man früher glaubte, und unser Bild noch darstellt.

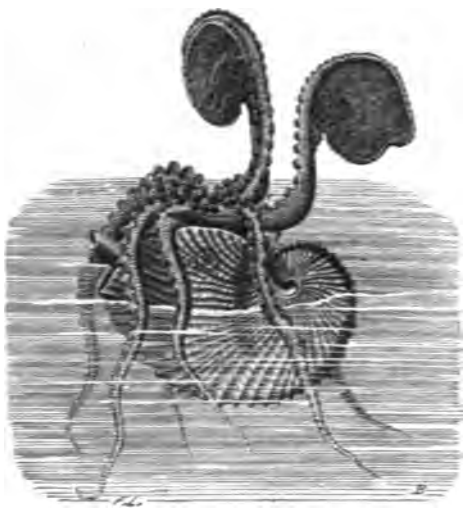


Fig. 250
Argonauta Argo (Weibchen).

Von dem Fortpflanzungswege der vollkommensten Kopffüßler, zu denen unsre Argo und die achtfüßigen Seespinnen gehören, hat man mit Recht gesagt, es sei die keuscheste Form dieses Vorganges, welche die Natur zu erfinden vermocht habe. Bei dem Männchen des Papier-Nautilus und der verwandten Arten, die man als Philonexiden zusammenfaßt, entwickelt sich nämlich der eine, ursprünglich von einem Säckchen umhüllte Arm (Fig. 251 A) des dritten Paares (vom Rücken her gezählt) zu einem langen peitschenförmig ausgezogenen Arm (Fig. 251 B), der mit einer tiefen Hohlrinne

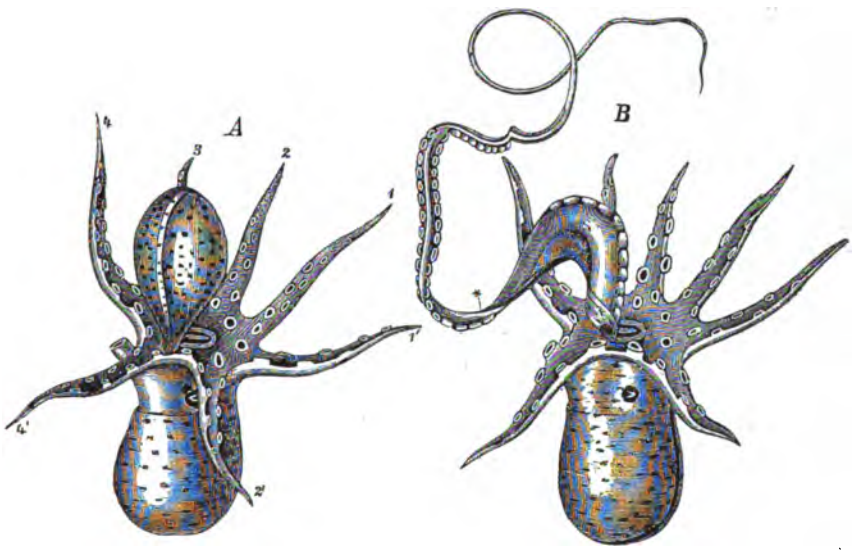


Fig. 251.
Argonauta Argo (Männchen). Bei A der sich bildende Hectocotylus vom Säckchen umschlossen, bei B frei. Die Zahlen bezeichnen die Armpaare, * die Abreißstelle des Hectocotylus. (Nach „Zeitschr. für wissenschaftliche Zoologie.")

versehen ist, um die Spermatophoren aus der Mantelhöhle des Männchens aufzunehmen, und in die des viel größeren Weibchens zu übertragen. Hierbei reißt er in der Regel ab, und man findet den sich noch tagelang bewegenden Arm nun im Mantel des Weibchen, wo man ihn für einen Schmarotzerwurm hielt, den Delle Chiaje Haarkopf (Trichocephalus) und Cuvier den Hundertnapf (Hectocotylus) nannte, wobei man die Aehnlichkeit des vermeintlichen Schmarotzerwurms mit dem ähnliche Saugnäpfchen besitzenden Wirthe bewunderte. An der Stelle des abgerissenen Armes der Philonexiden bildet sich zunächst ein Hautsack, in welchem sich ein neuer Hectocotylus entwickelt.

Das mächtige Auge der in ihrem Elemente manchmal gefährlichen, außerhalb desselben ohnmächtigen größeren Polypenarten, welches dem Fischer in einem recht unheimlichen Glanze entgegenfunkelt und viel zur

Entstehung der Krakensagen beigetragen hat, wurde in neuerer Zeit wegen seiner allgemeinen Aehnlichkeit mit dem Wirbelthierauge als ein angeblicher Beweis gegen die Richtigkeit der Darwinschen Theorie in's Feld geführt. Man wies nämlich darauf hin, daß die natürliche Zuchtwahl in zwei so durchaus unabhängig von einander entwickelten Thierstämmen, wie Weichthiere und Wirbelthiere es sind, doch nicht zweimal ein so völlig übereinstimmendes Organ hätte hervorbringen können. Darauf wäre zunächst zu erwiedern, daß in sehr verschiedenen Thierklassen ähnliche Organe auftreten, z. B. zusammengesetzte Augen bei Gliederthieren, Weichthieren und Stachelhäutern, Kiemen bei Wasserthieren der verschiedensten Klassen u. s. w. Die Bedingungen in unserem Falle waren insofern ähnlich, als das Wirbelthierauge vom Lichtstrahl ebensowohl im Wasser erweckt wurde, wie das Weichthierauge. Auch sonst ist der Entwicklungsweg, auf welchem zunächst auf der Haut der Urthiere ein Farbenfleck entsteht, dann ein durchsichtiger Glaskörper darüber, der sich zur Linse ausbildet, im ganzen Thierreich der nämliche und man sollte eher erstaunen, daß dadurch in einigen Fällen zusammengesetzte, in andern einfache Augen hervorgebracht werden. Man betrachtet solche ohne gemeinsame Herkunft in verschiedenen Klassen entstandene ähnliche Organe als die Ergebnisse einer nach gleichen Richtungen wirkenden convergenten Züchtung, z. B. die Greifzangen der Moosthiere und Stachelhäuter (S. 292 und 323), die Flossen der Fische, Ichthyosaurier und Wale, die Fühler der Insekten und Fühlfäden der Fische u. s. w. Wir begegnen in allen Thierklassen solchen durch ähnliche Bedürfnisse und übereinstimmende Lebensbedingungen hervorgebrachten Form-Annäherungen, die mitunter den ganzen Körperbau betreffen, wie z. B. die Uebereinstimmungen fliegender Eidechsen der Sekundärzeit mit Vögeln, oder diejenigen ausgestorbener Raubreptile mit Raubsäugern, deren eigenthümliches Gebiß jene gleichsam vorwegnahmen. Trat diese denselben Zielen zutreibende, convergente Züchtung bei näher verwandten Thieren, z. B. bei zwei Weichthieren in Wirksamkeit, so kann es unter Umständen sehr schwer werden, die dadurch hervorgebrachte Aehnlichkeit von einer wirklichen Blutsverwandtschaft zu unterscheiden. Im Uebrigen ist die Analogie zwischen dem Auge der höchsten Weichthiere und dem der Wirbelthiere, welche uns zu diesen Bemerkungen Anlaß gab, keineswegs eine so vollkommene, wie Mivard geglaubt hat, als er darauf seine Einwürfe gegen die Darwin'sche Theorie begründete; es finden sich vielmehr sehr bedeutsame Bildungsunterschiede, welche die typischen Trennungsmerkmale dieser beiden Stämme auch in der Bildung der Augen ausdrücken.

XI.

Vom Vielfüßler zum Sechsfüßler.

(Gliederfüßler.)

(Schaun wir durch der Forschung Fenster)
In das alte Schattenreich,
Sehen wir da statt Gespenster
Wesen, die den jetz'gen gleich;
Sehen nicht des Pluto Schrecken,
Sphinxe und Harpyenbrut,
Nicht Chimären Flammen lecken
In der Hölle Feuergluth.

In dem Rasen zirpen Grillen,
Die Cicade singt im Hain,
Heimchen ihre Lieder schrillen
An dem sonn'gen, trocknen Rain!
Diese kleinen Musikanten
Spielen auf an Seesstrand,
Rufen fröhlich den Verwandten
Durch das menschenlose Land.

Nein! in diesen stillen Räumen,
Wo man sich den Orkus denkt,
Sehn wir tausend Wesen träumen,
Tief in ew'gen Schlaf versenkt.
Haben einst die Welt genossen,
Unter'm blauen Himmelszelt.
Jetzt sind sie in Fels verschlossen
In der schwarzen Unterwelt.

Oswald Heer.

Vorstehende Verse des ausgezeichneten Erforschers der vorweltlichen Insekten beziehen sich auf die bis vor wenigen Jahrzehnten allgemein verbreitete Annahme, daß diese Thiere sehr früh diejenige Körperbildung erreicht hätten, über welche sie noch heute wenig hinausgekommen sind, so daß entgegen dem Befunde in den anderen Thierklassen seit der Steinkohlenzeit nur geringe Veränderungen in ihrem Körperbau vorgegangen wären. Ein geistreicher Forscher hatte sie nach diesem langen Beharren auf früh erreichter Vollkommenheitsstufe bildlich als die „Chinesen der Thierwelt" bezeichnet. Fortgesetzte Untersuchungen und genaueres Beschauen dieser meist in einem traurigen Zustande auf unsere Zeit gekommenen Reste haben aber gezeigt, daß die Insekten und die gesammte Klasse der Gliederfüßler, zu der sie gehören, durchaus keine Ausnahme-Stellung unter den übrigen Klassen des Thierreichs einnehmen, da sie ebenfalls einer sehr starken Umbildung und Entwicklung seit ihrem ältesten Auftreten unterworfen waren und daß von ihnen vielleicht weniger alte Formen, sog. Dauertypen lebend bis auf unsre Zeit gekommen sind, als unter den

Würmern, Stachelhäutern und Weichthieren. Der Schein einer nahen Verwandtschaft mit lebenden Formen hatte, soweit die ältesten Insekten in Frage kommen, getäuscht.

Das Volk der Gliederfüßler oder Arthropoden, welches an Artenzahl alle übrigen Klassen des Thierreiches übertrifft, hat von den Ringelwürmern (Anneliden), unter denen wir seine Ahnen zu suchen haben, den in mehr oder weniger Querstücke mit fast selbstständiger Verwaltung gesonderten Wurmkörper und das jene Unterabtheilungen zu einer höhern Einheit verschmelzende Bauchmark geerbt, welches letztere sie von dem, einen verwandten Ursprung und eine ähnliche Quertheilung besitzenden Kreise der Rückenmarks- oder Wirbelthiere am durchgreifendsten unterscheidet. Die vielen Tausende hierher gehöriger Thierarten, mögen wir sie nun als Krebse, Spinnen, Tausendfüßler oder Insekten bezeichnen, kommen, trotz der Mannigfaltigkeit ihres äußern Aussehens, immer wieder auf denselben Grundplan zurück, gerade als wenn das unzählige Nationalitäten vorführende Gewühl eines Familien-Maskenballes nach der Demaskirung als enger Familienkreis erkannt wird. Wir haben (S. 285) gesehen, daß unter den Querstücken der Ringelwürmer jedem einzelnen seine eigenen seitlichen Bewegungs-Organe zukommen, ebensogut wie es seine eigenen Magensäcke, Gehirne und Fortpflanzungsorgane besitzt. Bei ihren Nachkommen erhielten aber die Füße eine Gliederung in Schenkel-, Schienbein-, Fußabschnitte u. s. w., worauf sich der Name Gliederfüßler (Arthropoden) bezieht. Die damit ursprünglich gegebene, von vielen Krebsthieren bewahrte Vielfüßigkeit der Stammeltern erhielt sich unter den Insekten nur noch bei den sogenannten Tausendfüßlern, während bei fast allen übrigen Arthropoden eine stärkere Beschränkung der Glieder- und Fußzahl eingetreten war. Man kann sich denken, daß dem mit so zahlreichen Füßen kriechenden Wurmkörper zunächst die hintersten durch Nichtgebrauch verkümmerten, das Ahnenthier erhielt einen Hinterleib oder Schwanz dadurch, daß die hintersten Ringel ihre seitlichen Bewegungsorgane verloren. An den vordersten, dem Kopfende nächsten Ringeln fand dagegen eine Umbildung der Füße zu Fühlern, Kiefern und Freßzangen, die zum Ergreifen der Nahrung dienen konnten, statt, nur die Brustringel behielten ihre Füße unveränderlich als Bewegungs-Organe, und so vollzog sich die in dem äußern Skelett der meisten Insekten so deutlich ausgedrückte Trennung in Kopf-, Rumpf- und Hinterleibsringel, zu denen bei den Krebsen noch Schwanzringel kommen. Durch diese Trennung in Kopf-, Brust-, Hinterleibs- und Schwanz-Ringel mit gesonderten Lebensaufgaben wurde das Kettenthier, was in manchen Fällen (z. B. im Ringelwurm) gleichsam keine Mitte und kein Ende hat, erst wieder zu einem Einheitsthier von großer Zukunft. Aller weitere Fortschritt offenbart sich hinfort in einer Sonderverwendung der einzelnen Ringel und ihrer Seitenanhänge. Die mehr oder weniger weitgehende Verschmelzung von Kopf- und Brust-

ringeln, die Umbildung der Füße in Zangen oder andere Greiforgane, die Ausgliederung derselben bringt eine wahre Unerschöpflichkeit der Formen trotz des im Allgemeinen sehr beständigen Grundrisses hervor.

Von den nicht nur den Krebsen, sondern auch den übrigen Arthropoden gemeinsamen Urahnen, den Borstenwürmern (Chätopoden), scheinen alle Angehörigen die Eigenthümlichkeit ererbt zu haben, ihren Gliederbau mit einem hornartigen, stickstoffhaltigen Panzerstoff (Chitin), der sich bei Wasserthieren oft durch Einlagerung von Kalktheilchen noch mehr verhärtet, einzuhüllen, und dadurch die Ausbildung eines inneren Skelettes zur Stützung der Muskeln ganz unnöthig zu machen. Damit aber dieser Panzer die freie Beweglichkeit der Gliedmaßen nicht hindere, setzt er sich wie der Stahlpanzer des Kriegers, meist aus einzelnen, durch Gelenke verbundenen Platten, Ringen und Schienen zusammen, welche die Gliederung des Körpers nach außen nur um so schärfer hervortreten lassen. An denjenigen Theilen freilich, die eine Gelenkigkeit nicht erforderten, oder wo auch die Weichtheile, d. h. die einzelnen Leibesringel, zu einem zusammenhängenden Kopf- oder Brusttheil verschmolzen, deckte auch wohl ein dem Helm und Brustharnisch der Ritter vergleichbares, zu einem Stücke verschmolzenes Kopf- und Brustschild mehrere Querstücke auf einmal.

Diese Wappnung aller Gliedfüßler gemahnt anscheinend immer noch an das Meer, ihre Urheimath, in welchem die meisten Bewohner wegen des immerwährenden Kampfes Aller gegen Alle eine Schale, einen äußern Panzer, oder wenigstens ein Schuppenkleid ausbilden. Naturgemäß müssen wir die meerbewohnenden Gliederfüßler, die Krustaceen oder Krebse als die Patriarchen ihres Stammes betrachten, da die übrige Sippschaft erst nach der Ausbildung einer Festlandsflora auftreten konnte. Es sind die geharnischten Nachkommen einer eisernen Urzeit. Die Krebse bieten eine größere Mannigfaltigkeit einschneidend ungleicher Formen, als das ganze übrige Gliederfüßlerreich zusammen genommen; der Grundriß war bei ihnen noch nicht fest umgrenzt, sondern schwankte wie bei den Ringelwürmern in weiten Grenzen. Die Zahl der Körperabschnitte (Metameren) wechselte bei den ältern und niedern Krebsen, den Trilobiten und Blattfüßlern von 15 bis 60 Stück, und mit ihnen die Zahlen der Seitenanhänge, die sich erst bei den höheren Krebsen (und ähnlich bei den Insekten) fixirten, so daß dann nur noch 5 (und 3) eigentliche Fußpaare übrig blieben. Auch ist bei den ältern Krebsen die Scheidung der Kopffüße von den Rumpf- und Hinterleibsfüßen noch nicht so streng durchgeführt, die letzteren dienen noch nicht ausschließlich als Bewegungsorgane, sondern werden auch als Kiementräger, Eierhalter und zu andern Zwecken benutzt, bei einigen tragen die Beine auch Augen.

Man kann die Krebsthiere eintheilen in Schildthiere oder Altkrebse (Paläostraken) mit einem Fühlerpaar vor dem Munde, die bis auf eine einzige Gattung gänzlich ausgestorben sind, und eigentliche Krebse

(Autostraken) mit zwei Fühlerpaaren vor dem Munde, die in unendlicher Mannigfaltigkeit heute leben. Unter den Altkrebsen sind wiederum die Dreilappkrebse (Trilobiten), die ältesten, welche man kennt, da sie bereits in den kambrischen Schichten einen ansehnlichen Prozentsatz der gesammten Thierwelt bildeten, sogar schon in unterkambrischen Schichten Abdrücke ihrer Rückenschale zurückgelassen haben sollen, später aber in den silurischen Meeren in Hunderten von Arten vertreten waren. Man nennt sie häufig Urkrebse, obwohl sie vielleicht nur einen zur Herrschaft gekommenen Seitenzweig unter den verschiedenen Linien des Geschlechtes darstellen. Wer diese Thiere nicht in guten Versteinerungen gesehen hat, wird sich die beste Vorstellung machen, wenn er ihre Erscheinung großen Kellerasseln vergleicht, mit denen viele der jüngeren Arten auch die Gewohnheit gemein hatten, sich im Tode kuglig zusammenzurollen (Fig. 252). Falstaff hatte seinen Meister im sogenannten Sichtodtstellen also vielleicht bereits auf den ältesten Kampfplätzen der Welt. Die bei den Asseln, welche wir im Sommer beinahe unter jedem größeren Steine der Feldmark finden, kaum angedeutete Dreitheilung des Körpers, durch der Mittel-

Fig. 252.
Phacops latifrons. Aus devonischem Kalkstein der Eifel.

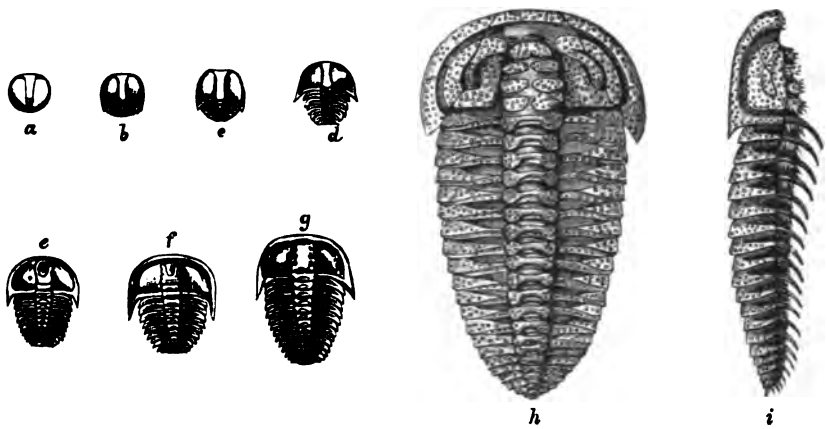


Fig. 253.
Sao hirsuta aus dem untersilurischen System Böhmens. a erstes Entwicklungsstadium (Vergrößerung 8/1). b und c zweites und drittes Stadium (5/1), d, e, f und g weitere Stadien (4/1), h und i das ausgewachsene Thier in Profil- und Seitenansicht (schwach vergrößert). Nach Barrande.

linie parallel laufende Längsfalten, schneiden bei den Trilobiten tief ein, und theilen den ganzen Körper damit in die drei Lappen, welche ihnen den Namen gegeben. Ihre noch unverlöschte Blutsverwandtschaft mit den die Quergliederung bis in's Unbestimmte fortsetzenden Ringelwürmern ver-

rathen die Trilobiten alsbald durch die nicht nur bei verschiedenen Arten der Sippschaft, sondern sogar in den Altereszuständen desselben Thieres wechselnde Zahl der Querstücke, die öfter, wie auch bei den heutigen Krebsen durch Nachsprossen zunahm. Von einem in den Silurschichten Böhmens häufig vorkommenden, kleinen Trilobiten (Sao hirsuta, Fig. 253) kennt man der äußern Rücken-Ausprägung nach, die gesammte Entwicklungsgeschichte, wie wir sie sonst nur bei lebenden Thieren verfolgen können, und beobachtet dabei so durchaus unähnliche Gestalten, daß man ganz verschiedene Thiere vor sich zu haben meinen würde, wenn nicht die Zwischenstufen vorhanden wären. Man sieht daran, wie beim ersten Stadium (a)

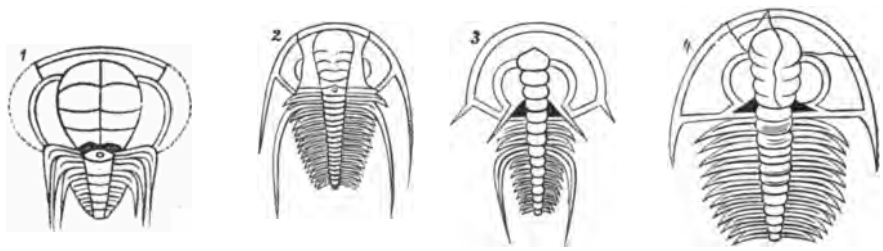


Fig. 254.
1 Hydrocephalus saturnoides (16/1). 2 Paradoxides spinosus (3/1). 3 Olenellus asaphoides, jüngere Larve (5/1). 4 Weiter entwickelte Larve desselben Trilobiten. (Schematisch.)

noch gar keine deutliche Grenze zwischen Kopfschild und Rumpf und keine Spur von Segmentbildung vorhanden war, wie dann die Zahl der Segmente sich in ähnlicher Weise, wie wir bei den Larven jetztlebender Krebse sehen, allmälig vermehrte, bis die Endzahl erreicht war. Bei der in Rede stehenden Art sind zuletzt regelmäßig siebzehn Abschnitte vorhanden, während andre Arten zum Theil beträchtlich weniger, oder beträchtlich mehr Segmente ausbildeten, deren Zahl bei derselben Art (im ausgewachsenen Zustande) so beständig ist, daß sie unter den Artkennzeichen eine Stelle einnimmt. Durch diese Sprossungs-Entwicklung erinnern die Trilobiten sehr an gewisse Borstenwürmer (Chätopoden), bei denen es noch heute unter den sog. Seeraupen ihnen in der allgemeinen Erscheinung nahe kommende Gattungen, wie Hermione und Pontogenia giebt, von deren Vorfahren man sie und die Krebsthiere überhaupt ohne Schwierigkeit herleiten kann.

Da bei vielen Trilobiten solche Larvenformen erhalten sind, so hat man darnach auch Abstammungs-Schlüsse ziehen können, eine Möglichkeit, die bei fossilen Thieren ein besonderes Interesse beanspruchen darf. Bei einer Anzahl von Formen, namentlich älterer Geschlechter, sind die Seitentheile (Pleuren) in lange, gegen das Schwanzende zurückgebogene Dornen oder Stacheln ausgezogen. Nun kommen aber stachellose Arten vor, deren Jugendformen ein oder mehrere starke Stachelpaare zeigen. So hat denn

S. W. Ford aus den langdornigen Jugendformen der Arten des nordamerikanischen Trilobitengeschlechts Olenellus (Fig. 254$_3$) den nicht unwahrscheinlichen Schluß ziehen können, daß sie die Nachkommen der in älteren europäischen Schichten vorkommenden Paradoxides-Arten (Fig. 254$_2$) vorstellen möchten, bei denen diese Dornen (oder sogenannten verlängerten Rippen) zeitlebens lang hervorragen, während sie bei der Weiterentwicklung der Olenellus-Arten bald zurückbleiben und den übrigen Rippen gleich werden. (Fig. 254$_4$.) Die Paradoxides-Arten leitet Ford aus analogen Gründen von den Wasserkopf-Trilobiten (Hydrocephalus Fig. 254$_1$) der ältesten böhmischen Primordialschichten ab, die ihren Namen dem Umstande verdanken, daß bei ihnen der Leib gegen das ungeheuer große Kopfschild fast verschwindet.

Ueber den weiteren Körperbau der Trilobiten sind wir erst durch die genauen Untersuchungen der amerikanischen Paläontologen Walcott, Matthew und Beecher, denen ein vorzügliches Material in Gestalt besonders gut erhaltener Thiere zur Verfügung stand, im laufenden Jahrzehnt aufgeklärt worden. Durch Quer- und Längsschnitte, sowie anderweite Untersuchungen an etwa 2000 Exemplaren von Calymene- und Cheirurus-Arten aus dem Trentonkalk gelang es zunächst Walcott die bis dahin wenig bekannte Unterseite der Thiere mit ihren Kopf-, Mund-, Rumpf- und Schwanzstück-Anhängen zu rekonstruiren. Wir sehen auf der Unterseite einer nach all diesen Durchschnitten u. s. w. gezeichneten Calymene-Art (Fig. 255) von oben herab, hinter dem bis zum Stirnrande reichenden, der Oberlippe der andern Krebse entsprechenden, wie ein Wappenschild gestalteten Schalenstück (Hypostom), den Mund, der mit 4 Paaren von gegliederten Mundfüßen umgeben war, von denen die drei vordern Paare mit schlankeren, das hintere mit breiteren Gliedern versehen sind. Vom Munde bis zum Hintertheil zog sich, der auf dem Querschnitt (Fig. 256) angedeutete Magen- und Verdauungskanal. Der Bauch war durch eine dünne Membran beschützt, die durch verkalkte Querbögen, welche die Füße trugen, gestützt war. An jedem Segment, des Rumpfes, wie des Schwanzschildes (Pygidiums), welches aus fester Vereinigung von zahlreichen Hintersegmenten hervorgeht, befand sich ein Fußpaar, so daß bei Calymene senaria 26 Stück solcher Fußpaare

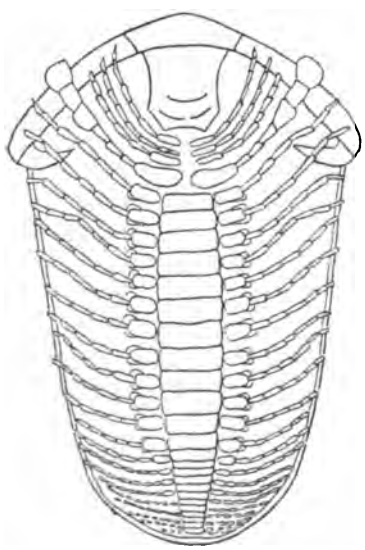


Fig. 255.
Schematische Restauration der Unterseite von Calymene. (Nach Walcott.)

gezählt werden konnten. Die Füße waren Spaltfüße und zerfielen in 2 ungleiche Aeste, von denen der längere innere Ast (Endopodit Fig. 256 A) aus fünf oder mehr Gliedern bestand, von denen das letzte eine Kralle getragen zu haben scheint, während der äußere Zweig (Exopodit B) kürzer war und nur aus zwei bis drei Gliedern bestand. Diese Spaltfüße, welche die Trilobiten mit vielen heute lebenden Krebsen gemein haben, sind augenscheinlich eine Erbschaft von Ringelwürmern, bei denen sich nicht selten (z. B. bei Heteronereis) Rückenstummel und Bauchstummel so nähern (vergl. Fig. 166 A), daß sie zu einem Spaltfuß verschmelzen. Der Außenast des Krebsfußes entspricht dem Rückenstummel, der Innenast dem Bauchstummel, oder eigentlichen Fußstummel der Ringelwürmer. Zwischen diesen Spaltfüßen und den Seitentheilen der Rückenschale hefteten sich an den Basaltheil der Gliedmaßen einfache oder spiralige, in zwei Aeste vergabelte Fäden oder Bänder an (C), die wohl mit Recht als Kiemen gedeutet werden. Aehnliche Spiralkiemen finden sich noch bei einigen lebenden Angehörigen des Krebsstammes.

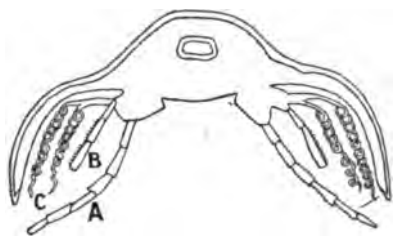


Fig. 256.
Querschnitt eines Rumpf-Segments von Calymene. Nach Walcott. (Restaurirt.)

Bis zum Jahre 1894 waren noch keine sichern Spuren, daß die Trilobiten auch Fühler besaßen, entdeckt worden. Aber damals fanden Matthew und Beecher in den obersiluriſchen Uticaschiefern von Rom (im Staate Newyork) ausgezeichnet erhaltene Versteinerungen eines andern Trilobiten (Fig. 257), bei denen ein Paar lange gegliederte Fühler, die zu beiden Seiten der Oberlippe befestigt sind, weit über das Kopfschild hinaus ragen. Zu beiden Seiten des Mundes befinden sich auch hier kurze mit breitem Basalstück versehene Füße, die als Kaufüße zu deuten sind, wie wir sie bald bei den Riesenkrebsen genauer kennen lernen werden. Die an den Körperabschnitten ebenfalls trefflich erhaltenen Spaltfüße, unterscheiden sich von denjenigen der vorigen Art dadurch, daß der Exopodit (e x) fast ebenso lang ist, wie der Endopodit (e n), und häufig mit borstenförmiger Wimperung versehen ist. Bei den Schwanzschild-Füßen werden die innern Glieder beider Fußzweige zu breiten Platten oder Lappen ausgedehnt. Spiralförmige Kiemen, wie bei der vorigen Art, scheinen bei dieser nicht vorzukommen, die Fußanhänge selbst dürften, wie bei den Branchiopoden als Kiemen gedient haben. Hinsichtlich ihrer systematischen Stellung hat man früher geglaubt, sie mit Burmeister den Blattfüßlern unter den heute lebenden niedern Krebsen unmittelbar annähern zu dürfen, allein Gerstäcker hat auf eine Reihe so auffälliger Unterschiede hingewiesen, daß man von einem sichern Anschluß an die übrigen Krebse, mit

Ausnahme etwa der Riesenkrebse (Gigantostraken) bei ihnen nicht sprechen kann und ihnen vorläufig ihre Sonderstellung als Urkrebse, ohne Betonung eines Ahnencharakters lassen muß.

Die Gegner der Entwicklungslehre haben oftmals auf den angeblich höchst zusammengesetzten Körperbau dieser Urkrebse, welche gleich an der Schwelle der Schöpfung und scheinbar ohne Vorbereitung in reicher Mannigfaltigkeit auftraten, hingewiesen, um daraus Beweise gegen die Annahme einer allmäligen Entwicklung der Thierwelt aus niedern Formen herzuleiten. Allein erstens können wir ja durchaus nicht wissen, wie zahlreiche Vorstufen auch diese Urkrebse in jenen ungeheuren Zeiträumen gehabt haben mögen, welche man die azoischen nennt, weil man keine Thierreste in ihren Schichten findet, und zweitens wäre noch zu beweisen, daß diese oft bis zur Länge eines Fußes vorkommenden Trilobiten der Urmeere in ihrer Organisation wirklich besonders hoch über ihre Ringelwurm-Ahnen hinausgeragt haben. Im Gegentheil läßt die Unbestimmtheit der Zahl ihrer Leibesabschnitte uns deutlich einen noch unfertigen Typus erkennen, eine flüssige Form, die noch in ihrer Fixirung begriffen ist. Wir dürfen daher auf keine besonders vorgeschrittene Arbeitstheilung bei den einzelnen Gliedmaßen schließen, von denen sich die vordersten noch nicht zu Kiefern umgebildet hatten, wie bei allen höherstehenden Krebsthieren. Insbesondere haben die „höchst vollkommnen Augen" der Trilobiten, welche zuweilen ebenso wie bei andern, heut lebenden Krustern gestielt waren und zu beiden Seiten das aus einem Stücke bestehende Kopfschild durchbrachen, die Aufmerksamkeit der Zweckmäßigkeitssucher in der Schöpfung auf sich gezogen. Sie haben sich aber nur durch die zuweilen auffallende Größe der Sehorgane der Trilobiten verführen lassen, diese Glotz-Augen (vergl. Fig. 252) auch für auffallend vollkommene Organe zu halten. Es sind aus zahlreichen, dicht an einander gedrängten einfachen Augen zusammengesetzte, sogenannte facettirte Augen (Fig. 258), wie wir sie als durch Erbschaft am ersten verständliche Stammeigentümlichkeit bei fast allen späteren Gliederfüßlern finden, und deren zusammengesetzten Bau wir mit den geringsten Hilfs-

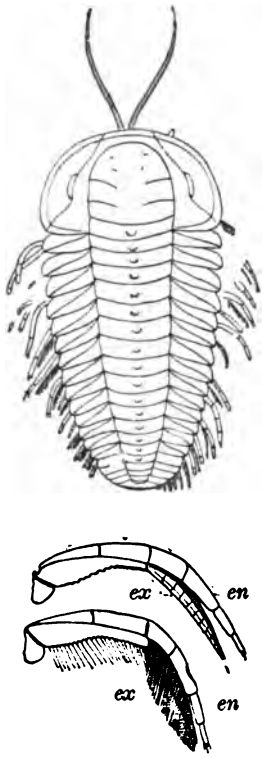


Fig. 257.
Triarthrus Becki Green.
Oben gut erhaltenes Exemplar mit Fühlern und Spaltfüßen in 2½-facher Vergrößerung; unten zwei Spaltfüße noch stärker vergrößert. (Nach Beecher.)
ex Exopodit, en Endopodit.

mitteln bei den glotzäugigen großen Libellen unserer Gewässer erkennen können. Man darf diese eigenthümliche Augenbildung der Gliederfüßler vielleicht als eine gesetzmäßige Folge der Neigung ihrer Oberhaut zur Inkrustirung ansehen, da das Auge und alle Sinnesorgane, wie wir wissen, zu den Oberhautbildungen gehören. Ob ein solches zusammengesetztes Auge einige hundert Linsen mehr enthält, als ein anderes, bietet durchaus keinen Grund, es für vollkommner auszugeben, dagegen giebt es es einen nicht zu verachtenden Fingerzeig für die Lebensweise der Trilobiten. Die vergleichende Naturforschung zeigt, daß Dämmerungs- und Nachtthiere größere Augen besitzen, als Tagthiere, um dem spärlichen Licht eine möglichst große Aufnahmefläche bereit zu halten. Die Lemuren unter den Säugethieren, die Eulen unter den Vögeln haben solche große Dämmerungsaugen und unsere eigene Pupille öffnet sich im Düsteren mehr als im Sonnenschein. Unter den Fischen und andern Seethieren hat man bemerkt, daß sie um so größere Augen haben, je mehr sie gewöhnt sind, in dämmernder Tiefe zu leben. Die Tiefseeforschungen unserer Zeit haben ein Krebsthier, das Wunderauge (Thaumops) an den Tag gebracht, bei welchem die Augen den vierten Theil der gesammten Körperoberfläche einnehmen. Geht man nun weiter, so findet man zur Begründung der Wahrheit, daß Augen und Licht sich gegenseitig bedingen, in völliger Dunkelheit, also z. B. in Erdhöhlen, auf dem in Nacht begrabenen Boden des Tiefmeeres u. s. w., die nächstverwandten Brüder sehender Tagthiere bis zur gänzlichen Vernichtung der Augen erblindet. Bei einem blinden Grottenkrebs (Troglocaris Schmidtii) sind nur die ganz jungen Thiere mit den sehenden Augen der im Lichte lebenden Ahnen versehen, bei den ältern sind die Augen, weil unnütz, verkümmert, und nur die Stiele derselben sind wie Fernrohre, die ihrer Gläser beraubt sind, übrig geblieben. Das heißt mit andern Worten: die Dunkelheit vernichtet das Auge ebenso, und auf demselben Wege, auf welchem das Licht diesen Sinn erweckte und seine Ausbildung förderte. Unter den Trilobiten trifft man ebenfalls neben den erwähnten großäugigen Arten völlig augenlose.

a b

Fig. 258.
Trilobiten-Augen a von Dalmanites Hausmanni, b von Asaphus im Durchschnitt, vergrößert.

Das läßt zwei Erklärungen zu: entweder waren die Trilobiten insgesammt Thiere der Tiefe, welche sich vielleicht von den dort angesammelten Leichnamen des Meers ernährten und zuweilen in solchen Tiefen lebten, daß ihnen die Sehorgane fast ganz entbehrlich wurden und deshalb in Folge des Nichtgebrauchs verkümmerten, oder ihr Zeitalter wäre im Allgemeinen ein finsteres gewesen, wie wir uns in geistiger Beziehung das Mittelalter vorstellen, und man hätte damals selbst in den obersten Schichten des Meeres ein großes Auge nöthig gehabt, um das spärliche Licht zu

verwerthen. Da uns eine so allgemeine Dunkelheit für die Schöpfung eines „sonnenhaften Organes" überhaupt nicht geeignet erscheint, stellen wir sie uns lieber als Tiefseethiere vor, welche auf dem Grunde des Meeres um die herabfallende Beute kämpften und dort sozusagen die Gesundheits-Polizei ausübten. Vielleicht verführt uns aber zu dieser Vorstellung der Trilobiten als einer streitbaren Macht der Urmeere nur ihre glänzende Rüstung, welche schon den alten Rollenhagen veranlaßte, Astach, den Flußkrebs, zum Feldobersten im Froschmäuse-Krieg zu ernennen, oder die Neigung der Krabben in geordneten Zügen zu marschiren, und ihre bekannte Liebhaberei für den Hautgoût abgelagerten Fleisches.

Fig. 259.
Limulus rotundatus aus den englischen Steinkohlenschichten.

Die Herrschaft der Trilobiten, welche sich ausbreiten konnte, so lange das Reich der Rückenthiere den Bauchthieren noch keine ebenbürtigen Gegner im Urmeere entgegenzustellen hatte, ist trotz der Unvollkommenheit ihrer Gliedmaßen doch die stolzeste Erinnerung in der Geschichte der Gliederthiere. Damals waren sie vielleicht die durch Rang und Zahl hervorragendsten Machthaber der Welt, aber es ging mit ihrer Herrschaft schnell zu Ende. Schon in den Meeren der Steinkohlenzeit suchen wir vergeblich nach jenem Reichthume an Krustenthieren, von dem die Silurmeere wimmelten. Hier finden wir die ältesten Urkunden von der Vernichtung eines ganzen mächtigen Geschlechtes in der Natur, jenes geheimnißvollen Vorganges des Auslebens und Aussterbens, welcher selbst in den historischen Zeiten bereits manche Thiere — wir erinnern an die Dronte und die Steller'sche Seekuh, den grimmen Schelch und den Biber — dahingerafft hat und dahinrafft. Aber hier ist es ein gesammtes großes Thiergeschlecht mit Hunderten von Arten und Millionen von Individuen, welches auf Nimmerwiedersehen vom Schauplatze abtritt. So weit zurück in der Erdgeschichte reicht der Beweis für den Satz, um welchen Pelagius zum Ketzer gemacht wurde, daß nämlich der Tod nicht erst durch Adam's Fall in die Welt gekommen ist. Schon in den devonischen Zeiten waren die Trilobiten in ihrer Machtstellung bedeutend heruntergekommen, in der Steinkohlenzeit finden sich nur noch einige betrübende Reste. Alle ihre Schlauheit, mit der sie durch Zusammenkugeln die weichern Theile den Angriffen der Feinde entzogen, half ihnen also nichts gegen die Macht des unwiderstehlichsten Gegners, der Zeit, und ihre Stunde schlug früh. Früher hat man geglaubt, daß die Trilobiten nicht nur durch das Aussterben ihrer eigenen Sippschaft, sondern sogar durch Vernichtung aller Zwischenglieder und Uebergangsformen heute gänzlich unvermittelt im System dastünden, uns demnach ein ewiges Räthsel bleiben müßten. Allein in den Moluckenkrebsen leben ihnen noch heute nähere Verwandte.

Die Erbschaft der Trilobiten übernahmen für eine kurze Zeit einiger-

maßen ähnlich gebildete Kruster, sogenannte Schwertschwänze (Xiphosuren), unter denen die Halbschildkrebse oder Hemiaspiden in ihrer äußern Erscheinung den Trilobiten zum Theil äußerst ähnlich waren, mehr als die Schildkrebse, (Limulus-Arten Fig. 259), von denen noch einige wenige Nachkommen ansehnlicher Größe, die sogenannten Moluckenkrebse oder Pfeilschwänze (Fig. 261) leben, um es klar zu beweisen, daß auch sie noch ziemlich unvollkommen den Krebstypus vertreten haben. Die am Munde sitzenden Füße sind nämlich auch bei ihnen noch nicht in eigentliche Freßwerkzeuge (Kiefer) umgebildet, sondern ihre stachlichen Hüften dienen zum Zerkleinern der Nahrung. Sie unterscheiden sich aber sehr auffällig dadurch, daß das Bruststück aus 5—7 Segmenten besteht, die allein Füße tragen, während der fußlose Hinterleib nur aus 3 beweglichen Segmenten und einem Schwanzstachel, oder aus letzterem allein besteht. Andrerseits zeigen sich in der Anatomie der Moluckenkrebse eine Anzahl Charaktere, die zu der Organisation der Skorpione hinüberdeuten, wie denn auch die Ausbildung eines einzigen Fühlerpaares, statt zweier, wie sie die eigentlichen Krebse zeigen, einen durchgreifenden Unterschied dieser gesammten Abtheilung der Urkrebse von den übrigen Krebsen anzudeuten scheint. Ray Lankester glaubt sich sogar durch die zahlreichen Uebereinstimmungen, die er im Muskel- und Nervensystem, im Bau der Augen u. s. w. bei Moluckenkrebsen einerseits und Skorpionen, sowie anderen Spinnenthieren andrerseits aufgefunden hat, zu der Behauptung berechtigt, daß die ersteren von den Krebsen überhaupt zu trennen und den Arachniden zuzurechnen seien, daß die Moluckenkrebse und ihre sogleich zu erwähnenden Verwandten im Wasser lebende Urspinnenthiere seien. Diese Auffassung kann aber nur insofern anerkannt werden, als man allerdings Krebs- und Spinnenthiere von gemeinsamen Ahnen abzuleiten hat, weshalb eben in den Urkrebsen noch ein gut Theil von Spinnen-Charakteren mitenthalten waren, die den jüngern Krebsen verloren gegangen sind. Denn die Moluckenkrebse sind ebensowohl, wie es die Trilobiten waren, Blatt- oder Kiemenfüßler, und ihre Kiemenfüße liegen zu sieben Paaren unter dem Kiemendeckel (f g in Figur 261) verborgen. Ihre Larve geht durch ein von Packard und Dohrn beobachtetes Stadium hindurch, in welchem sie in der Dreitheilung ihres Körpers (Fig. 260) sowie in manchen andern Eigenthümlichkeiten den Trilobiten und den Halbschildkrebsen gleicht. Sie ist dann eine Rückenschwimmerin, gleich vielen Blattfüßlern, und der Schwanzstachel, der dem erwachsenen Thier weniger zur Waffe, als zum Umwenden dient, wenn es

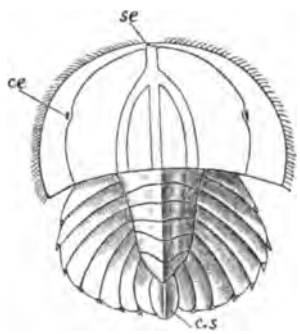


Fig. 260
Larve des Moluckenkrebses im Trilobitenstadium.
cs Schwanzstachel, ce zusammengesetztes, se einfaches Auge.

auf den Rücken gefallen ist, zeigt sich dann erst kaum angedeutet. In der nächsten Larvenstufe verschwinden die Segmente des Schwanzschildes und bleiben blos noch auf der Mittelwulst angedeutet und dann entwickelt sich der Schwanzstachel. Dieselbe Abstammungslinie, die wir hier aus der Larven-Entwicklung erkennen, lehrt uns die Paläontologie, indem sie uns in den Hemiaspiden oder Belinuriden, (wie namentlich in Belinurus regina und Prestwichia rotundata) Urkrebse vorführt, die mit vollständig

Fig. 261.
Moluckenkrebs (Limulus Polyphemus), (Bauchseite) 1/2. a Kopfbrustschild, b Bauchschild mit beweglichen Seitenstacheln, c beweglicher Schwanzstachel, d scheerenförmige Fühler der herzförmigen Oberlippe (e), i kieferloser Mund mit fünf Paar Scheerenkiefern (Kaufüßen), f, g Kiemendeckel.

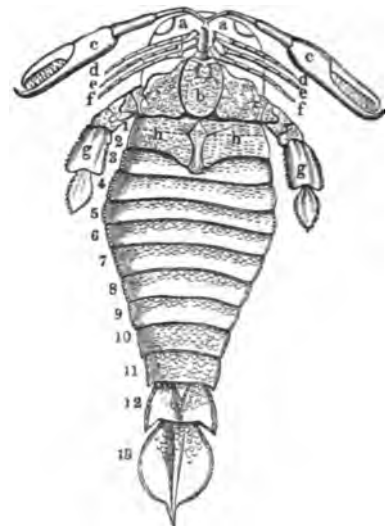


Fig. 262.
Restauration von Pterygotus anglicus (Bauchseite). a Augen und Unterlippenplatte, c Scheerenfühler, d, e und f Kiefertaster, g Ruderfüße, deren Schenkel als Kaufüße dienten, h Genitalplatten, 1—13 Leibesringe.

trilobitenartiger Gliederung den Schwanzstachel und andere Kennzeichen der Limuliden verbanden. Der Beiname des noch heute lebenden Moluckenkrebses (Polyphemus) bezieht sich auf zwei, wie bei dem Kiemenfüßler Apus dicht zusammen an der Mittellinie des Rückens belegene Punktaugen, die neben den beiden gewöhnlichen, zusammengesetzten Seitenaugen in Thätigkeit sind. Sie erinnern an die Mittelaugen vieler niederer echter Krebse (Entomostraken) und der Larven höherer Krebse (Malakostraken), so daß darin ein gewisser Zusammenhang der Alt- und Neukrebse doch wieder hervortritt. Auf eine fernere recht merkwürdige Eigenthümlichkeit dieses Ueberbleibsels der Vorzeit haben F. Gotsch und J. P. Laws in neuerer Zeit aufmerksam gemacht, nämlich darauf, daß der Moluckenkrebs in seinem

Blute nicht, wie die meisten heute lebenden Thiere, Eisen, sondern Kupfer in Verbindung mit Proteinstoffen enthält.

Als den Moluckenkrebsen verwandte Thiere müssen auch die ausgestorbenen Riesenkrebse (Gigantostraken) gedeutet werden, von denen eine in der Devon-Zeit lebende Art, welche die schottischen Bergleute wegen ihrer vermeintlichen Engelsgestalt Seraphim (Fig. 262) nennen, die im

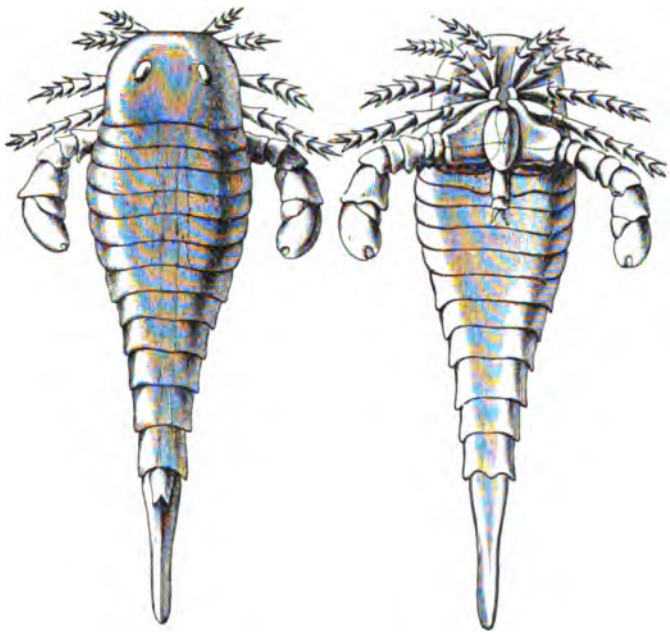
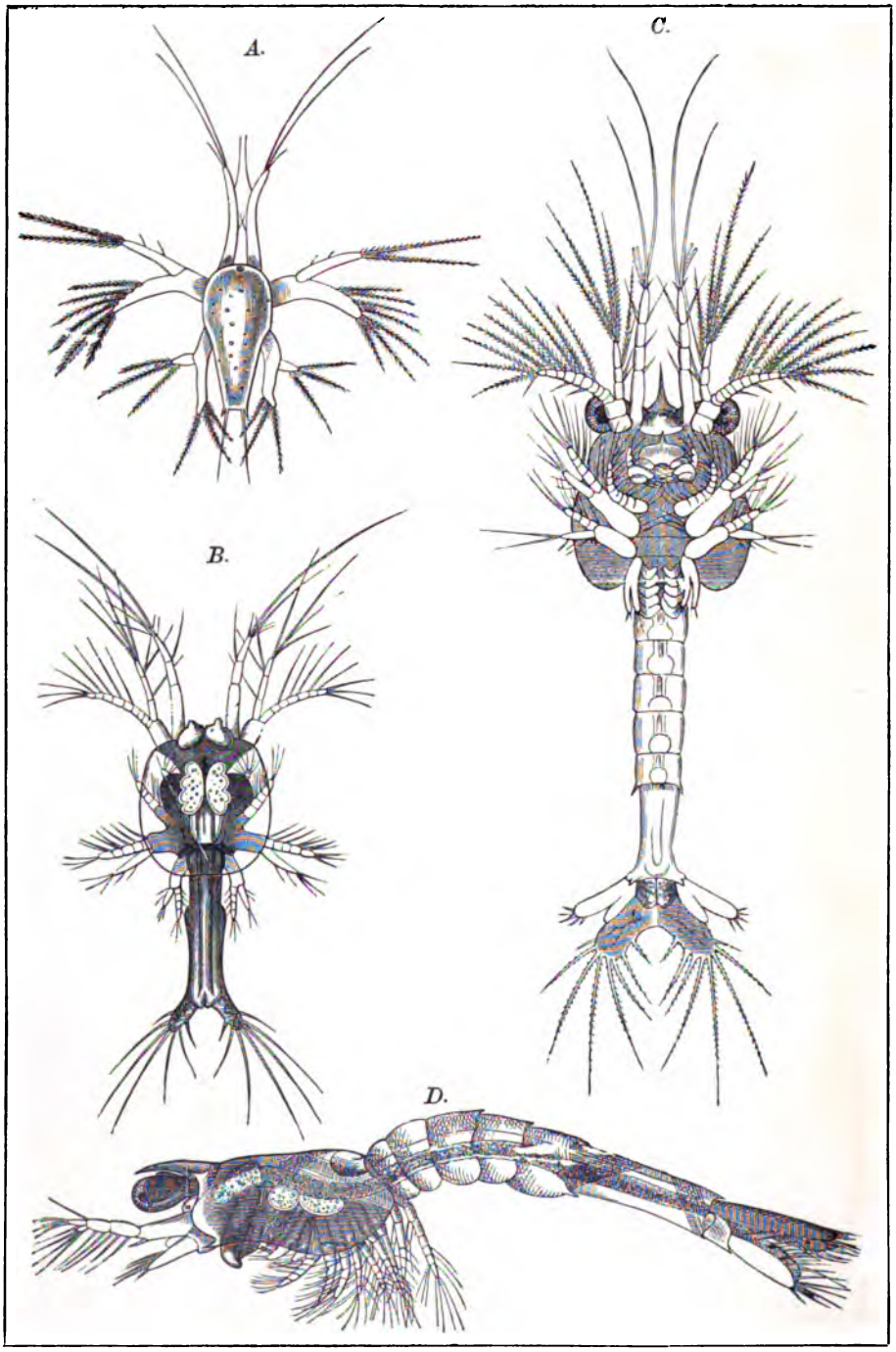


Fig. 263.
Eurypterus remipes aus dem Obersilur von Oesel. Obere und untere Ansicht in natürlicher Größe.

Krebsreiche unerhörte und im gesammten Gliedfüßler-Verbande nicht wieder erreichte Länge von zwei Metern besaß. Aber trotz dieser Hünengestalt war die Umbildung der Gliedmaßen nur eine unvollkommene, wenn sich auch bei ihnen, mehr als bei den meisten andern Altkrebsen, ein Unterschied von Greif- und Ruderfüßen ausgebildet hatte. Aber es kam damit nicht zu einer Fingerbildung wie bei den Wirbelthieren, sondern nur zur Ausbildung einer Scheere, die man mit einer im Fausthandschuh steckenden Hand vergleichen darf, bei der nur der Daumen frei beweglich ist. Bei dem skorpionsartigen Seraphim waren diese Scheeren, wie auch bei manchen jüngern Krustern, mit Zähnen ausgestattet und es bildete sich damit also ein Unterschied zwischen vordern und hintern Bewegungsgliedmaßen heraus, denn in der Regel tragen nur ein oder einige der vordern Gliedmaßen-Paare Scheeren. Die damals mehr als ein Schock Arten umfassenden

Rieſenkrebſe ſtarben aber bereits ſammt den Schildkrebſen bis auf wenige Ueberbleibſel mit den letzten Trilobiten zugleich aus, das Reich der Altkrebſe war zu Ende. Denjenigen, welche ſich nicht entſchließen wollen, im Reiche der Krebsthiere einen Fortſchritt anzuerkennen, ſei an ihrem Grabe noch geſagt, daß von einer Umbildung der vorderen Gliedmaßen-Paare in eigentliche Kiefer nicht die Rede iſt, weshalb man die Rieſenkrebſe mit den Schwertſchwänzern (Hemiaspiden und Limuliden) auch zur Unterklaſſe der Kaufüßler (Merostomata) zuſammenfaßt. Wie die Trilobiten, ſo waren auch die Angehörigen dieſer zweiten Abtheilung der Altkrebſe unter ihrer Sippſchaft nur niedrig organiſirte Glieder. Beſonders deutlich iſt dieſes heut embryonale Verhältniß bei einer kleineren Art der ausgeſtorbenen Rieſenkrebſe (Eurypterus remipes, Fig. 263) ausgeprägt. Sie verbanden mit dem Oberkörper eines Trilobiten den Schwanzſtachel der Schwertkrebſe und bei ihnen erſcheinen die ſämmtlichen Anhänge des Kopfſtückes noch völlig gleichgeſtaltet, ohne zu Fühlern, Kiefern und Mundfüßen umgebildet zu ſein, wie bei allen höhern Krebſen. Die Eurypterus-Arten beſaßen außerdem ein kammartiges Organ, welches unmittelbar an die Kämme der Spinnen und Skorpione erinnert, weshalb man dieſe Thiere in neuerer Zeit auch für eine Sippſchaft von wieder ins Waſſer gegangenen Skorpionen hat anſehen wollen. Allein es dürfte jedenfalls einfacher ſein, die Skorpione von an's Land gegangenen Urkrebſen abzuleiten.

Neben den Schildthieren oder Altkrebſen, von denen bisher die Rede war, traten in ſehr alten Schichten bereits eigentliche Krebſe (Autoſtraken oder Karidonier) auf, die ſich von den Schildthieren durch den Beſitz zweier Fühlerpaare vor dem Munde unterſcheiden, während dieſe, wie ſchon erwähnt, nur ein Fühlerpaar beſaßen. Außerdem ſollen erſtere vor dieſen durch den Alleinbeſitz der ſogenannten Nauplius-Larve ausgezeichnet ſein, obwohl Willemoes Suhm eine ſolche, oder doch eine ſehr ähnliche Form auch bei dem Moluckenkrebs beobachtet haben wollte. Mit dieſer Nauplius-Larve hat es nun eine eigene Bewandtniß und wir müſſen zum Verſtändniß des Folgenden etwas weiter ausholen. Unter dem Schwarm mikroſkopiſcher und faſt mikroſkopiſcher Thiere, die an der Oberfläche des Meeres treiben und den thieriſchen Beſtandtheil derjenigen Lebensformen darſtellen, die man jetzt als Plankton oder Auftrieb bezeichnet und in denen man die Hauptnahrung des Waſſers für kleinere Thiere erblickt, findet das geſchärfte Auge des Forſchers, trotz ihrer vorwiegenden Durchſichtigkeit bald eine Gruppe kleiner Sechsfüßler heraus, die ſich durch eine eigenthümlich zitternde Bewegungsweiſe von den andern unterſcheidet. Es ſind junge Krebslarven, die der däniſche Zoologe O. F. Müller für Arten einer beſonderen Thiergattung hielt und Nauplius nannte, von denen man aber nunmehr weiß, daß ſie ſich trotz ihrer gegenſeitigen Aehnlichkeit zu ſehr verſchiedenen Arten des vielgeſtaltigen Krebsthierreiches entwickeln können. Man glaubte früher, daß nur Kleinkrebſe aus ihnen hervorgehen könnten,



Entwicklung einer Seegarneele (Penaeus).

A. Nauplius. *B. C.* Zoëa-Formen. *D.* Mysis-Form. Nach Fritz Müller.

aber Fritz Müller-Desterro sah, daß auch Krebse aus der Gruppe der Garneelen, die zu der höchststehenden Krebsordnung der Zehnfüßler (Dekapoden) gehören, aus solchen Nauplius-Larven hervorgehen. Betrachten wir mit Hilfe der Tafel: „Entwicklung einer Seegarneele", diesen Vorgang näher, so sehen wir, daß der aus dem Ei geschlüpfte, noch panzerlose Nauplius derselben (A), wie alle seine Genossen, drei Beinpaare besitzt, einen von schildförmiger Kappe überwölbten Körper mit einem Mund, der ohne alle Kauwerkzeuge bleibt, und auf der Stirn ein einfaches unpaares Auge, in den meisten dieser Kennzeichen an Angehörige niederer mikroskopischer Krebsthiere aus den Ordnungen der Blatt-, Kiemen- oder Ruderfüßler (Copepoden) erinnernd, die man wegen dieses einfachen Auges Cyclops, Polyphem u. s. w. getauft hat. Aber diese Larve verhält sich ähnlich wie der sogenannte Kopf (Skolex) gewisser Eingeweidewürmer, indem hinten neue Abschnitte mit neuen Beinpaaren hervorsprossen, wodurch eine Larvenform entsteht, die man früher ebenfalls für eine besondere Thiergattung (Zoëa, B.) hielt, bis Vaughan Thompson ihre Bedeutung als Durchgangsform höherer Krebse erkannte. In ihrer ganzen Gestalt gleicht sie noch immer gewissen Kiemen- oder Ruderfüßlern so sehr, daß man in diesen niederen Krebsthieren wenig veränderte Nachbilder der Stammformen des Geschlechts erkennen möchte. Der Nauplius ist nun, so zu sagen, der Kopf der Zoëa, seine noch immer als Bewegungsorgane dienenden vordern Beinpaare, schicken sich erst an, das vordere und hintere Fühlerpaar des angehenden Krebses zu werden; das letzte Beinpaar hat sich in die Oberkiefer (Mandibeln) verwandelt. Dafür ist, wie gesagt, ein Mitteltheil mit vier neuen Beinpaaren hervorgesproßt, und in diesem Zustande würde sich das Thier einem Insekt mit Kopf, Mittelstück und Hinterleib vergleichen lassen. Aber bei dem Krebsthier ist die Gliedersprossung damit nicht abgeschlossen. In einem etwas älteren Zoëa-Stadium (C) schicken sich auch die Mittelbeine der vorigen Larve an, Freßwerkzeuge zu werden, während hinten neue Querstücke mit Spaltfüßen hervorsprossen, die nun im Allgemeinen den Charakter der Füße behalten. Gleichzeitig sind am Grunde der noch immer als Hauptbewegungsorgane dienenden späteren Fühler die beiden Augen und zwischen ihnen der bei allen Zoëa-Arten sehr auffallende Oberlippenstachel hervorgekommen. In dem folgenden Stadium, der ebenfalls durch fertige Krebsthiere vertretenen Mysis oder Spaltfüßler- (Schizopoden-) Larve (D) bereitet sich dann die letzte Wandlung vor, die zu der Gestalt der vollendeten Garneele — einem Flußkrebs en miniature zu vergleichen — führt. Der Schwanz ist zum Springschwanz geworden, und die damit von der Thätigkeit als Ruderer enthobenen vordern Beinpaare haben sich zu Fühlern ausgebildet. Das innerste Paar hat sogar in seinem untern Theile die Gehörswerkzeuge aufgenommen, in denen, wie bei den Muscheln Kalkkörnchen als Gehörsteine dienen, und die, wenn sie verloren gegangen sind, auch durch andere Steinchen ersetzt werden können,

wie einst Hensen bei einem Seekrebse sah, der sich die Ohren voll Kies stopfte. Was die übrigen Veränderungen anbelangt, so haben die den Kieferfüßen folgenden drei vorderen Fußpaare Scheeren bekommen, die folgenden sich zu Kriechfüßen umgebildet, das Cyclopenauge und der Lippenstachel sind verschwunden, der höhere Krebs ist nach mancherlei Sprossungen, Umkleidungen und Häutungen fertig.

Da nun die Nauplius-Form, wie wir bald sehen werden, in der Entwicklung vieler später höchst unähnlicher Krebsthiere wiederkehrt, und auch sehr viele von ihnen das Zoëa- und Mysis-Stadium unverkennbar durchlaufen, so hatte man gute Gründe, in denselben durch die Zeit nachgedunkelte Portraits der Erzväter des Stammes zu sehen, zumal ja noch verschiedene Ebenbilder derselben, in den niederen Abtheilungen des Krebsreiches namentlich unter den Ruderfüßlern (Copepoden) und Blatt- oder Kiemenfüßlern (Phyllo- oder Branchiopoden) umher krebsen. Gleichwohl hat die Vorstellung, daß ein Nauplius-ähnliches Thier der gemeinsame Ahn aller eigentlichen Krebse gewesen sein soll, weil es als Nachbild in der Entwicklung derselben vorkommt, auch Gegner gefunden, und Claus, Lang u. A. haben darauf hingewiesen, daß man sich als wirkliche Stammform der Krebsthiere, als uralten, vielleicht schon vorkambrischen Urkrebs (Archicaris) einen vielgliedrigen Ringelwurm mit zahlreichen Beinpaaren, Bauchmark und Schlundring, ein Mittelglied zwischen beintragenden Borstenwürmern (Polychäten) und Trilobiten vorstellen müsse. Der reine Nauplius in seiner ursprünglichsten Form sei nur die charakteristische Larve dieses Urkrebses gewesen, die sich zu ihm verhält, wie die nachsprossende Wurmlarve (Trochosphäre) zum wirklichen Ringelwurm; man könne sich die Nauplius-Larve aus der Wurmtrochosphäre, in die nachträglich Krebscharaktere zurückverlegt worden seien, entstanden denken.

Diese verfeinerte Anschauung, welche manches für sich hat, raubt dem Nauplius nur wenig von seiner phylogenetischen Bedeutung, denn die einfache Thatsache, daß alle eigentlichen Krebsthiere durch diese Form hindurch müssen, verbindet sie zu einer Klasse gemeinsamer Abstammung, die sich sehr vielgestaltig entwickelt hat. Ob die Nauplius-Larve wirklich das Nachbild eines Urkrebses ist — und wir kennen noch heute niedere Krebse, die wenig über dieselbe hinausgehen — oder nur eine stark abgeänderte Larvenform, diese Unterscheidung verschwindet gegen die Wichtigkeit jener Entwicklungsthatsache. Man unterscheidet die Mannigfaltigkeit der eigentlichen Krebse, d. h. der Kruster mit vier Fühlern in zwei Hauptabtheilungen: 1. in sogenannte niedere Krebse (Entomostraken), deren Körper noch eine sehr wechselnde Zahl von Segmenten und Gliedanhängen aufweist und ihren griechischen Namen von der bei freilebenden Ruderkrebsen (Copepoden) besonders hervortretenden insektenähnlichen Gliederung ihrer Körper erhielten, und 2. in höhere Krebse (Malakostraken) mit gleichmäßiger Zahl von 20 (nur bei Nebalia 21) Segmenten, von denen jedes,

mit Ausnahme des letzten, ein Beinpaar trägt. Wie man sieht, ist der unterscheidende Charakter der niedern Krebse von den höhern ein rein negativer, aber es ließ sich kein durchgreifendes anderes Merkmal finden, welches die bunte Schaar der niedern Krebsformen charakterisirt. Man theilt sie ihrerseits ein: 1. in Kiemenfüßler (Branchiopoden) und Blattfüßler (Phyllopoden), 2. Muschelkrebse (Ostrakoden), 3. Ruderkrebse (Copepoden), 4. Rankenfüßler (Cirripedier) und 5. Wurzelkrebse (Rhizocephalen).

Fig. 264.
a und b Männchen und Weibchen eines Kiemenfußes (Branchipus Grubei) 1/1. c Männchen des Salzkrebschen (Artemia salina). Vergrößert.

Von ihnen stehen die Kiemenfüßler (Branchiopoden), bei denen der Nauplius-Larve noch bis zu 40 unter sich gleiche Fußpaare nachsprossen, die sich blattartig verbreitern und als Kiemen dienen, offenbar am niedrigsten, weshalb man sie auch als Urkrebse (Archicariden), bezeichnet hat. Es sind durchweg Landgewässerkrebse, die wie die typischen Kiemenfüße (Branchipus-Arten Fig. 264ab) in Gräben, Tümpeln und Seen gefunden werden und von denen keine Art ausschließlich im Meere vorkommt. Es ist dies um so merkwürdiger, weil eine andere hierhergehörige Art, das Salzkrebschen (Artemia salina Fig. 264c) nur in salzigen Binnenwässern aller Stärken bis zur eingekochten Salzsole vorkommt. Diese soll aber gelegentlich auch in's Meer gehen und, nebenbei bemerkt, einen Hauptantheil bei der Bildung der Meerschaum-Massen an der cyprischen Küste nehmen, aus welchen, der griechischen Mythe zu Folge, die Venus emporstieg. An dieser Art, welche die Salzfieber als Salzaffel oder Brinewurm bezeichnen, und bei der Männchen so selten vorkommen, daß Joly die Art noch 1840 als hermaphroditisch bezeichnete, wurden in neuerer Zeit von Schmankewitsch höchst merkwürdige Veränderungen der Körperform beobachtet, je nachdem der Salzgehalt des Wassers, in welchem sie lebt, allmälig vermehrt oder vermindert wurde. Im ersteren Falle verlor sie alle Schwanzlappen und Schwanzborsten und ging in eine kleinere Form über, die früher als besondere Art (A. Mühlhausenii) beschrieben worden war, und ihre Nachkommen ließen sich durch allmälige Verminderung des Salzgehaltes wieder in A. salina, ja schließlich in eine ganz neue Form überführen, die sich durch den neungliedrigen Hinterleib den Arten von Branchipus, also einer verschiedenen Gattung annähert. Es ist dies eines der wenigen Beispiele von Thierumwandlungen,

bei denen man die wirkende Ursache — hier den Salzgehalt des Wassers — so genau bestimmen konnte.

Während diese schalenlosen Kiemenfüßler mit dem Bauche nach oben gekehrt auf dem Rücken schwimmen, giebt es auch schalentragende Kiemenfüßler, die theils auf der Rücken- und theils auf der Bauchseite schwimmen. Zu den ersteren gehört als eine der größten Arten der krebsartige Kiefenfuß (Apus cancriformis), dessen Eier im Schlamm der Pfützen die Trockenheit überdauern und sich dann in der Regenzeit plötzlich entwickeln. Ein bei Jena gefundenes Exemplar dieses 6 bis 7 Centimeter lang werdenden Thieres erregte einst Goethes Interesse dermaßen, daß er für ein zweites Exemplar einen Thaler bot, aber keins erhielt. Es sieht in der That sehr merkwürdig aus, denn eine große flache Schale bedeckt, wie bei einem Schildkrebs, den gesammten Rücken und nur die letzten der ca. 40 Segmente, die fast ebenso viele Blattfußpaare tragen, ragen hinter der Schale hervor. Bei diesen Thieren besitzt nur die Larve zwei Fühlerpaare, von denen das zweite bei dem erwachsenen Thiere eingeht. Es erinnert dann noch mehr an einen Trilobiten, mit denen alle diese Thiere viele Analogien darbieten, namentlich auch in der wechselnden Zahl der Körperabschnitte und Blattfüße. Andre Kiemenfüßler, wie die Estheriden, deren noch heute blühendes Geschlecht sich bis ins Devon zurückverfolgen läßt, schließen den winzigen Körper in eine zweiklappige Schale ein, aus der nur die Spitzen einiger Gliedmaßen hervorragen.

Ein solches zweiklappiges Gehäuse ist noch allgemeiner verbreitet unter den Wasserflöhen (Cladocera), die mit den Kiemenfüßlern gewöhnlich zur Ordnung der Blattfüßler oder Phyllopoden vereinigt werden, sich aber von den ersteren durch eine viel geringere Zahl von Fußpaaren unterscheiden, indem bei ihnen nur vier bis sechs Paare vorhanden sind. Sie sind meist mit langen verästelten und mit Borstenreihen besetzten Fühlern versehen, die weit aus dem Schalenspalt hervorragen und als Ruderorgane benützt werden. Der gemeine Wasserfloh (Daphnia pulex) färbt kleine Wasserpfützen, in denen er plötzlich in Zahl vieler Tausende auftritt, blutroth und spielt in den Sagen vom Blutregen eine Rolle.

Bei den Muschelkrebschen oder Ostrakoden, die größtentheils im Meere leben (nur die Cypriden sind Süßwasserthiere), verkalkt die Schale gewöhnlich, die bei den vorgenannten Schalenkrebschen oft glasdurchsichtig blieb. Der Hinterkörper ist bei ihnen stark verkürzt und von den Brustbeinen sind nur zwei Paare übrig geblieben. Die Entwicklungsgeschichte dieser stark veränderten Krebse, die kaum noch eine Segmentirung des Körpers erkennen lassen, ist daher besonders phasenreich. Viele sind Tiefseebewohner und einige Arten — die zumeist der neuen, von G. W. Müller-Greifswald aufgestellten Gattung Pyrocypris angehören — strahlen ein überaus intensives smaragdgrünes oder azurblaues Licht aus, oder stoßen vielmehr eine derartig leuchtende Flüssigkeit von sich, um in deren Glanz

zu verschwinden. Godeheu de Riville erfuhr 1754 von seinen Seeleuten, daß das Meer an der Küste von Malabar „zu brennen scheine." Das Kielwasser und die Wellen leuchteten wie „elektrisirtes Silber" und waren mit glänzenden azurnen Sternen durchsät. In der Ferne leuchtete das Meer, wie mit Schnee bedeckt. Als das Wasser in ein Glas geschöpft war, sah er darin kleine Muschelkrebschen, die sich auf seinem Fingernagel mit einer leuchtenden Flüssigkeit umgaben, welche beim Scheine zweier Kerzen und selbst am Tage fortleuchtete. Chierchia sah im März 1885 das Meer in der Nähe von Sokotora smaragdgrün leuchten und jeder Zug des Netzes brachte enorme Mengen leuchtender Ostrakoden (15—20000 Stück Pyrocypris) empor, die in einem Glase gehalten, eine leuchtende Flüssigkeit ausstießen, welche sich im Wasser verbreitete. Stand eines von den kleinen Thieren still, so erfolgte das Ausstoßen der anscheinend in bedeutenden Mengen erzeugten Leuchtflüssigkeit, ebenso wie bei den Tintenfischen das Ausstoßen der schwarzen Farbe, und sie blieben in der Flüssigkeit dann verborgen. Wenn das Thier sich bewegte, wobei es immer einen weiten Bogen beschrieb, so ließ der glänzende Punkt des Körpers es wie einen kleinen Kometen mit leuchtendem Schweif erscheinen, der in einen Himmel voll unendlich kleiner Kometen hinausgeschleudert wurde.

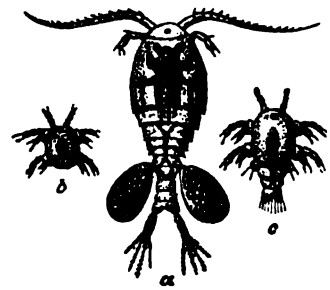


Fig. 265.
Cyclops.
a Weibchen mit Eierpacketen, b Larve desselben im ersten Stadium (Nauplius), c Larve im vierten Stadium (Cyclopid); das erwachsene Thier zehnfach, die Larven mehr als hundertfach vergrößert.

Die Muschelkrebschen traten schon im Silur mit zahlreichen Gattungen und Arten auf, von denen sich viele schon durch ihre Länge (von zwei bis neun Centimetern) vor den jetzt lebenden Arten, die selten über zwei Millimeter Länge hinausgehen und meist noch viel kleiner sind, auszeichneten. Aus der europäischen Kreide kennt man etwa 60 und aus dem europäischen Tertiär etwa doppelt so viel Arten und oft war ihr Auftreten ein so massenhaftes, daß sie ganze Schichten dicht erfüllen, wie den darnach benannten devonischen Cypridinen-Schiefer des Harzes und nassauischen Schiefergebirges. Was den oben geschilderten Riesenkrebsen und Trilobiten nicht gelungen ist, den vernichtenden Einflüssen des Daseinskampfes zu entrinnen, haben viele ihrer auf gleich niedriger Entwicklungsstufe stehende Zeitgenossen Brüder und Vettern unter den Kleinkrebsen, eben durch ihre Kleinheit, kurze Entwicklungszeit, geringes Nahrungsbedürfniß, und vielfach auch durch ein Vermögen, ungünstige Perioden ohne Nahrung zu überdauern geschützt, erreicht; sie leben in großer Artenfülle weiter. Nur die Größe ihrer Glanzzeit haben sie zuweilen eingebüßt; doch konnten wir noch eben von ansehnlich großen Kiemenfüßlern unserer Zeit berichten.

Aehnliches würden wir wahrscheinlich auch von der noch heute ziemlich formenreichen Ordnung der Ruderfüßler oder Copepoden zu berichten haben, wenn ihre zarten, unbeschalten Körper nicht gar zu wenig zur Erhaltung geeignet wären. Sie sind nach den vier oder fünf Paaren zwei- und mehräftiger Ruderfüße benannt, die sie zu geschickten Schwimmern machen. Ihr gestreckter Körper zeigt bei den freilebenden, mit kauenden Mundwerkzeugen versehenen Arten der Abtheilung Gnathostomata die vollkommenste Gliederung, die man bei Niederkrebsen antrifft. Man unterscheidet wie bei den Insekten — wonach der für alle Niederkrebse gewählte Name Entomostraken (S. 388) — ein Kopfstück, richtiger Kopfbruststück (Cephalothorax) Brust und Hinterleib. Der erste Abschnitt trägt die beiden Fühlerpaare, die drei Kieferpaare und das erste Ruderfußpaar, welches dem vordersten mit dem Kopf verwachsenen Brustringe angehört. Die Brust besteht gewöhnlich aus vier Ringen mit je einem Ruderfußpaar, während der fünftheilige fußlose Hinterleib mit einer oft weiter getheilten Schwanzgabel endet. Für viele Arten ist ferner das durch Verschmelzung der beiden Seitenaugen entstehende Cyclopen-Auge charakteristisch, dem die hierhergehörige Süßwassergattung Cyclops (Fig. 265), von der schon oben (S. 148) die Rede war, ihren Namen verdankt. Ein solches unpaares Mittelauge kommt aber auch bei niedern Flohkrebschen und Kiemenfüßlern vor, während andererseits viele Copepoden auch große seitliche Augen besitzen, z. B. der in der Nordsee vorkommende Corycaeus germanus, bei dem die Linsen der paarigen Augen fast die ganze Stirn einnehmen, während die Netzhaut weit hinten in der Kopfbrust liegt, die Augen sich also bis in den Hinterkopf hineindehnen.

Fig. 266.
Notopterophorus Papilio Hesse. $^{20}/_{1}$

Die freilebenden Ruderfüßler schwärmen in ungeheuren Schaaren an der Meeresoberfläche, die oft weithin von ihnen gelb oder roth gefärbt erscheint. Sie bilden einen Hauptbestandtheil des thierischen Planktons und werden zu Milliarden von den Fischen des hohen Meeres verschlungen, für die sie einen Hauptfutterstoff abgeben. Bei diesen pelagischen Krebsen, zu denen auch andere Entomostraken und die Larvenformen niederer und höherer Krebse gehören, wird das anhaltende Schwimmen vielfach durch Schwebevorrichtungen erleichtert. Besitzen die niedern Thiere und Wasserpflanzen hierfür oft Luftbläschen (Vacuolen) in ihrem Gewebe, die wie die Schwimmblasen der Fische und die erwärmten Luftsäcke der Vögel wirken, so sieht

man im Körper der Muschel-, Floh- und Ruderkrebschen oft Oeltröpfchen, die nach der Redensart „Fett schwimmt oben" ihnen das Schwimmen erleichtern, während Luftbläschen in ihrem meist durchsichtigen Leibe fast nie vorkommen. Vor allem treten jedoch Oberflächen-Vergrößerungen ins Spiel, die sich den ausgebreiteten Schwingen und Schwänzen der Insecten und Vögel vergleichen lassen, und wie Fallschirme wirken, d. h. durch Widerstand und Reibung das Sinken im Wasser erschweren. Bei den Sapphirinen, metallisch glänzenden und azurblau irisirenden Ruderkrebsen ist der Körper zu einem breiten papierdünnen Blatte ausgedehnt, welches horizontal im Wasser schwimmt und dasselbe ist bei den Phyllosomen (Fig. 273), den Larven der Heuschreckenkrebse, der Fall. Bei nicht wenigen pelagischen Niederkrebsen bilden sich die Schwanz- und Kopfstacheln im Vereine mit den Rückenstacheln zu einer Art von Balancirstange oder zu Balancirgerüsten aus, welche den gleichsam daran aufgehängten Thieren gestatten, das Gleichgewicht in der aufgeregten Fluth zu wahren und wahrscheinlich auch das Durchqueren derselben in bestimmter Richtung zu erleichtern. Die verschiedensten Mittel und Wege führen dabei zu dem gleichen Ziel, den Körpern ein anstrengungsloses Schwimmen zu gestatten, so daß alle Muskelkraft ungeschmälert auf den Nahrungserwerb gerichtet werden kann. Bei einigen, wie dem Flohkrebs Rhabdosoma ist der Körper so in die Länge gezogen, daß er wie ein langer Glasfaden horizontal im Wasser schwimmt, während im Gegentheil bei Mimonectes der Haupttheil des Körpers sich zu einem kugelförmigen Gallertball zusammengezogen hat, der spezifisch leichter als Wasser ist, und den man um so eher einer Schwimmboje vergleichen kann, als die Gliedmaßen an ihm sehr zurücktreten. Bei einer andern Gruppe, zu welcher der Schmetterlings-Ruderkrebs (Notopterophorus Papilio Fig. 266) gehört, bildet die Rückenhaut flügelartige Auswüchse, als wollte das Thier den Klassennamen der Insekten-

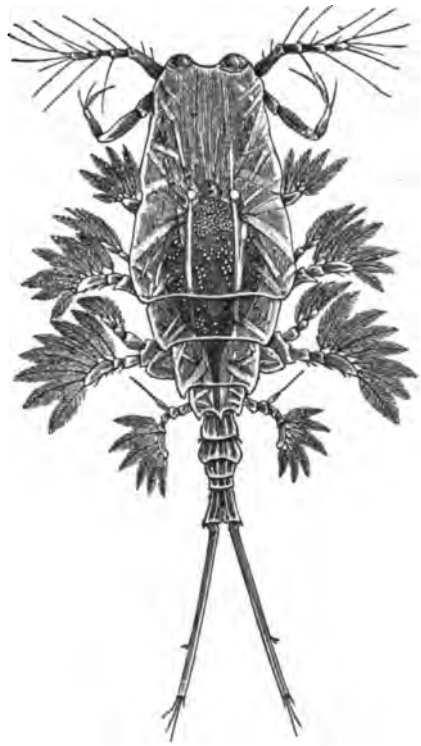


Fig. 267.
Männchen von Copilia vitrea Haeckel $^{20}/_{1}$.
(Nach Giesbrecht).

krebse (Entomostraken) rechtfertigen und bei der nächsten Gelegenheit davonfliegen. Thatsächlich wurden die Naturfreunde kürzlich durch die Nachricht alarmirt, daß man „fliegende Krebse" beobachtet habe. Ostroumoff hatte nämlich an der Küste der Halbinsel Krimm kleine Meereswesen wie Mückenschwärme über dem Wasser spielen sehen, und gefunden, daß es kleine grüne Ruderkrebse der Gattung **Pontellina mediterranea Claus** waren, die sich an der Oberfläche des Wassers erst in die richtige Stellung setzten, und dann wie Flohkrebse emporsprangen und von ihren wie Fallschirme wirkenden Körperanhängen getragen, in einem langen flachen Bogen, fliegenden Fischen gleich, eine kurze Strecke dahinflogen. Bei mehreren andern **Pontellina**- und **Pontella**-Arten hat man ähnliches beobachtet.

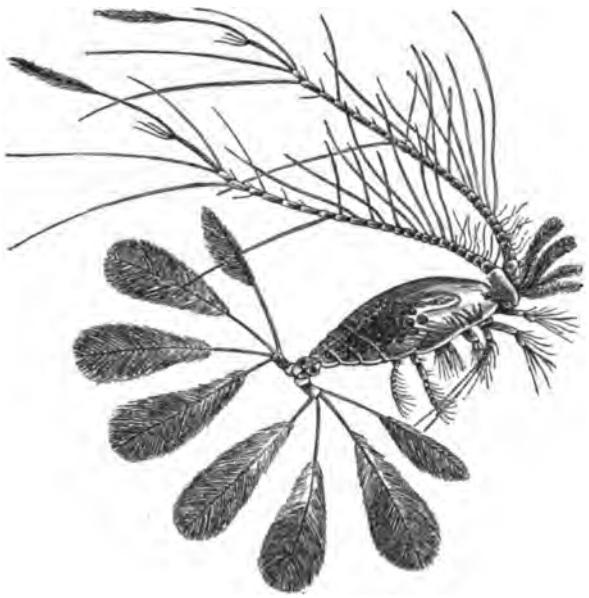


Fig. 268.
Calocalanus pavo $^{20}/_{1}$. (Nach Giesbrecht).

Die schönsten Schwebevorrichtungen bemerkt man bei einigen andern pelagischen Copepoden, wie bei **Copilia vitrea** (Fig. 267), bei der sämmtliche Ruderbeine mit Reihen von gefiederten Aesten besetzt sind, so daß jedes der vier Fußpaare an die beiden Flügel eines Vogels erinnert. Dabei ist die äußere Hälfte dieser Fiedern lebhaft orangeroth gefärbt und dieselbe Färbung zeigt sich auch im Innern des im Uebrigen glasdurchsichtigen Körpers, so daß man unter dem Mikroskope einen Wundervogel der Nixenwälder zu erblicken glaubt. Bei **Augaptilus filigerus** erstreckt sich diese Befiederung der Beine auch auf Fühler und Schwanzgabel, die Vorderbeine sind so reich getheilt, daß sie an die getheilten Schwingen der sogenannten Geistchen, kleiner Motten, erinnern und die Schwanzgabel theilt sich in zahlreiche, zum Theil lange Federn. Bei **Calocalanus plumulosus** erhebt sich aus dem getheilten Gefieder der Schwanzgabel eine sehr lange, dicht mit breiten Fiederchen besetzte Mittelfeder, die vier bis fünfmal so lang, wie der gesammte Thierleib wird, und breiter als dieser, wie eine lange biegsame Straußenfeder nachschleppt. Die schönste

Bildung zeigt vielleicht Calocalanus pavo, der „Pfau" unter den Schönfederkrebsen (Fig. 268), ein im Mittelmeer häufiges Ruderkrebschen, bei welchem sich der Gabelschwanz zu einem senkrecht gegen die Mittellinie des Körpers ausgebreiteten Träger umgebildet hat, der acht breite Federn trägt. Man wird dabei an die „Ausleger", der schmalen Boote mancher Naturvölker, die das Umschlagen derselben verhindern, erinnert. Auch diese Schwanzfedern sind gleich den Fiederchen der Fühler in den dunkelschattirten Theilen tief goldgelb gefärbt, so daß sie den Thieren nicht bloß als Schwebevorrichtungen, sondern zugleich als Schmuck dienen.

Von den etwa tausend bekannten Arten von Ruderkrebsen hat sich etwa die Hälfte dem Schmarotzerleben dahingegeben und statt der Kaukiefer seiner Abtheilungsgenossen saugende Mundtheile ausgebildet, so daß sie mittelst stiletartiger Stechborsten, die in einer Saugröhre liegen, ähnlich den Fliegen und Flöhen unter den Insekten, Blut und Säfte ihrer Opfer fließen lassen und saugen. Diese Röhrenmundkrebse (Siphonostomata) schmarotzen meist an den Kiemen der See- und Süßwasserfische, die hierher gehörige sogenannte Karpfenlaus (Argulus) z. B. auf Karpfen, Forellen, Schleien, Barschen und Hechten. In der Regel hat jede Art ihren besonderen „Nährwirth", aus den Reihen der Fische, doch schmarotzen die Weibchen der Sapphirinen, deren freilebende Männchen herrlich azurblau glänzen, bei Salpen. Bei einigen von ihnen haben sich die Kieferfußpaare zu saugnapfförmigen Haftwerkzeugen umgebildet, der Körper hat die einschneidende Segmentirung und feste Bedeckung, sowie manche Glieder ganz verloren, so daß ihre freilebenden Larven den andern Copepoden ähnlicher sind, als die erwachsenen Fischläuse.

Unter den Niederkrebsen giebt es aber auch eine Reihe von Thieren, die durch eigne Schuld auf eine noch tiefere Stufe hinabgesunken sind, als die Fischläuse, die Rankenfüßler (Cirripedia): Lepadiden, Seepocken, Abdominalien und Wurzelkrebse. Die Geschichte der ersteren, welche insbesondere von Darwin bearbeitet worden ist, läßt sich bis zur Jura-Zeit zurückverfolgen. Aber die Arten erzählen sie uns auch selber. Sie beginnen ihr Dasein, wie die übrigen Krebse, bei denen diese Larvenform nicht nachträglich unterdrückt wurde, indem sie ihre Entwicklung im Ei vollenden, oder dieselbe sonst abkürzen, als freischwimmender einäugiger Nauplius (Fig. 269). Nach mehreren Häutungen und Metamorphosen, bei denen das junge Thier auch durch das Stadium der oben erwähnten Muschelkrebschen (Cypridinenlarve) hindurchgeht, setzt sich das Thier fest, am liebsten an einem schwimmenden Gegenstande, sei es ein Stück Holz, Bimsstein oder ein lebendes Thier, worauf es sich mit einer muschelartigen Schale umgiebt und sämmtliche bei der Larve schon zu verschiedenen Organen umgebildeten Fußpaare, wieder zu einfachen vielgliedrigen Fäden (Cirren), zurückverwandelt, die nun nur noch dazu dienen, um dem festgewachsenen Thiere Nahrung heranzuspülen (Fig. 270). So unähnlich ist

das doch mit den übrigen Krebsthieren aus gleichen Anfängen hervorgegangene Thier seinen Verwandten geworden, daß nicht nur im gesammten Mittelalter die „Entenmuschel" für die Jugendform eines Vogels (der Bernickel-Gans) galt, sondern auch noch von Linné und selbst von Cuvier für ein Weichthier angesehen wurde. Die verwandten Seepocken oder Seeeicheln (Balaniden) sind ähnliche Rankenfüßler, die ohne längern Stiel auf Uferfelsen, Muschel- oder Krebsschalen, selbst auf Walfischhaut festwachsen, wozu eine eigene, Kitt abscheidende Drüse, die sogen. Cementdrüse, bei ihnen vorhanden ist. Die Balaniden sind gleich den

Fig. 269.
Nauplius eines Entenmuschelkrebses.

Fig. 270.
Entenmuschel Lepas anatifera.

Lepadiden, wie die meisten festwachsenden Thiere, die sich nicht gegenseitig aufsuchen können, Zwitter, doch kommen bei ihnen auch winzige Männchen vor, die in kleinen Säckchen der Weibchen oder am Körper wohnen, und theilweise kurzlebige, mund- und magenlose Thierchen sind, welche nur die Befruchtung der Weibchen zu vollziehen haben, außerdem manchmal noch zwergartige, sog. „komplementäre Männchen", die Darwin entdeckt hat. Auch bei einer dritten Familie der Rankenfüßler, den Abdominalien, welche durchweg getrennten Geschlechtes sind, und da sie in der Kalkschale von Mollusken schmarotzen, keine eigene Schale ausbilden, sind die Männchen Pygmäen und finden sich gewöhnlich zu zweien am Körper der Weibchen festgeklammert (Fig. 271). Ihre bei vielen andern schmarotzenden Thieren wiederkehrende Verkleinerung ist ein Seitenstück zu der Verkleinerung aller den Schmarotzern überflüssigen Sinnes- und Bewegungsorgane, die bis zum gänzlichen Verschwinden derselben geht. Die Männchen sind ja nicht

ganz zu entbehren, aber sie sinken zu Duodez-Männchen herab, welche von dem Weibchen miternährt werden. Dieses selbst bildet die Hauptperson im Artleben, da es die Eier zu liefern hat und daher den Löwen-Antheil der Ernährung beansprucht und zwar bei Schmarotzerthieren in um so höherem Grade, weil diese in Anbetracht der hohen Verlustziffer der Individuen, eine ungeheure Menge von Eiern auszubilden haben, um die Art zu erhalten. Das Männchen sinkt, so lange der Organismus bei diesen Thieren nicht zum Hermaphroditismus gelangt ist, sozusagen auf den Zustand eines nothwendigen Uebels herab. In diesen Verhältnissen

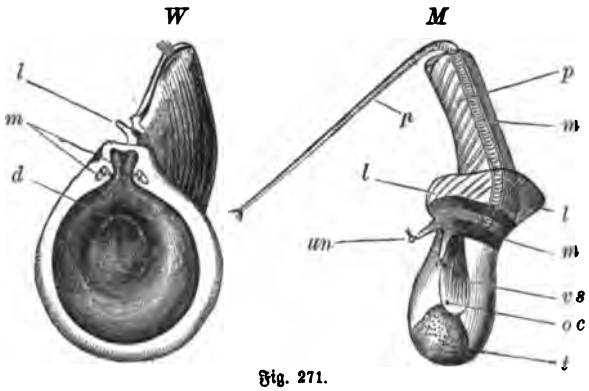


Fig. 271.

Alcippe lampas Hancock.

W Weibchen (Vergr.) l Lippenvorsprünge der Mantelöffnung. m zwei anhaftende Männchen. d Haftscheibe.

M Männchen (stärker vergrößert). l Mantellappen. a n Fühler. o c Pigmentfleck (Auge?). m m Muskeln. t Testikel. v s Samenblase. p Penis.

dürfte die einfachste Erklärung des Auftretens von Zwergmännchen und sogenannten komplementären Männchen bei diesen Thieren liegen.

Einige andere den Rankenfüßlern nahe verwandten Thiere, die Wurzelkrebse oder Rhizocephalen, die meist auf höheren Krebsen schmarotzen, sind noch weiter auf der schiefen Ebene abwärts gesunken. Während die Entenmuscheln und ihre näheren Verwandten doch nur Pfahlbürger geworden sind, die ihre Sinnesorgane und ihr Bißchen Verstand daran gegeben haben, treiben diese Wurzeln, oft recht verzweigte, wie irgend eine Pflanze, in den Körper des Thieres, welches sie zu ihrem Wohnsitz erkoren haben, nnd ziehen mittelst dieses Geflechts ihre Nahrung aus demselben (Fig. 272). Ihre Jungen stehen als echte Nauplius-Larven unendlich über dem vollendeten Thiere, und haben erst die Erkenntniß ermöglicht, daß es sich hier nicht um ein Krebsgeschwür, sondern um einen lebendigen schmarotzenden Krebs handelt, der einem Schimmelpilze gleich, zahlreiche Wurzelfäden in das Fleisch eines andern Thieres getrieben. Der Wurzelkrebse gesammter Entwicklungsweg ist erst in neuerer Zeit durch die

Untersuchungen von Delage bekannt geworden. Darnach verwandelt sich die Naupliuslarve zunächst in eine Cyprislarve mit doppelter Schale, die sich an einem Thier, zum Beispiel am Körper einer jungen Krabbe festsetzt, einige Organe abstößt und innerhalb ihrer beiden Schalen in ein Thier mit einer scharfen Hohlspitze, der Kanüle einer Pravaz'schen Injektionsspritze ähnlich umwandelt. Diese Spitze senkt die Larve tief in den Körper des Wirths und durch sie wandert die zellige Masse ein, die sich dann innerhalb desselben in den eigentlichen Wurzelkrebs umwandelt, während der äußere Sack nur die Generationsorgane und junge Brut enthält.

Fig. 272.
Sackwurzelkrebs (Peltogaster curvatus) 4/3 und Nauplius eines solchen 100/1. a Die Anheftungsstelle der Wurzeln. b Die Oeffnung, um die Eier zu entleeren.

Wir wenden uns nunmehr ab, von diesen unholden Mitgliedern der Krebswelt, bei welchen uns das entwicklungsgeschichtliche Interesse, welches sie darbieten, so lange gefesselt hat, und gehen über zu den Oberkrebsen (Malakostraken), die den Niederkrebsen (Entomostraken) mit sehr wechselnder Segmentzahl gegenüber, den geschlossenen Charakter darbieten, daß ihr Körper (mit einer sogleich zu erwähnenden Ausnahme) stets aus 20 Abschnitten besteht, die bis zum vorletzten je ein Beinpaar, also im Ganzen 19 Paare tragen. Sie sind aus der niedersten Gruppe der Niederkrebse, den Branchiopoden (S. 389) einer Abtheilung der Blattfüßler hervorgegangen, und schon in den kambrischen und silurischen Schichten erscheinen mit Hymenocaris und Ceratocaris Oberkrebse, die man zu der gänzlich ausgestorbenen Gruppe der Alt-Oberkrebse (Palacariden) zusammenfaßt. Sehr nahe an dieselben schließt sich in der heutigen Lebewelt die kleine Gruppe der Nebalien oder Dünnschaler (Leptostraken) an, winziger Meereskrebschen, deren Körper noch ein Hintersegment mehr (also im Ganzen 21) besitzt, welches aber fußlos ist, so daß die typische Zahl der 19 Fußpaare auch bei ihnen nicht überschritten wird. Diese Krebschen bilden noch heute einen unverkennbaren Uebergang von den Kiemen- oder Blattfüßlern (Phyllopoden) zu den höhern Krebsen, so daß sie bald zu den Nieder- und bald zu den Oberkrebsen gerechnet wurden. Sie haben mit vielen Niederkrebsen noch eine Schwanzgabel und die zweiklappige Schale gemein, die den größten Theil des Körpers bis auf die vier letzten Hinterleibssegmente umhüllt.

Wahrscheinlich schon in der ältern Silurzeit hatten sich aus diesen den Blattfüßlern noch so nahe stehenden Uebergangsformen die Spaltfüßler

oder Schizopoden entwickelt, die als die niedersten der eigentlichen Oberkrebse angesehen werden und von denen sich alle übrigen Gruppen unschwer ableiten lassen. Durch die Gleichheit der Kiefer- und Brustfüße, die wie bei den Nieder-Krebsen Spaltfüße darstellen, nähern sie sich diesen und bilden eine fernere Uebergangsfamilie, von der sich als zwei auseinander laufende Zweige die sitzäugigen und die stieläugigen Oberkrebse (Edriophthalmata und Podophthalmata) herleiten, bei denen die Spaltfüße nach und nach durch Verkümmerung des äußern Astes zu einfachen Füßen wurden. Die Schizopoden bevölkern in großen Schaaren, wie die Copepoden Hoch- und Tiefsee, eine erwünschte Nahrung für die Fische. In der den Niederkrebsen noch näher stehenden Unterfamilie der Euphausiden, welche außer den gestielten Hauptaugen am Kopfe noch eine ganze Reihe von Seitenaugen an der Basis der Brust- und Hinterleibsfüße besitzen, hat Chun in neuester Zeit Tiefseeformen mit getheilten Stielaugen entdeckt, deren Stirntheil lichtvollere, der Seitentheil mit zahlreicheren Facetten aber genauere Bilder liefert. Die Gestalt der etwas höher stehenden Mysiden, welche sich unter andern durch zwei sogenannte Hörbläschen in der Schwanzflosse auszeichnen, kehrt in der Entwicklungsfolge vieler höheren Krebse, die sich dadurch als Nachkommen dokumentiren, als sogenanntes „Mysis-Stadium" wieder (vergl. Fig. D auf der Tafel „Entwicklung einer Seegarneele".) Auch die der Entwicklungsgeschichte der Heuschreckenkrebse oder Langusten angehörenden, auf hoher See lebenden Phyllosomen (Fig. 273) mit fast blattartig ausgebreitetem Schwimmkörper erinnern noch lebhaft an die Ahnenform der Schizopoden.

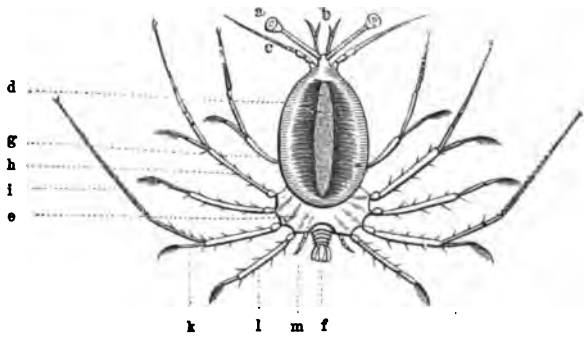


Fig. 273.
Phyllosoma. Larve einer Languste. a Gestielte Augen. b c Fühler. d Kopfschild. e Brustschild. f Hinterleib. g—m Sechs Fußpaare.

Von den beiden Abtheilungen der sitzäugigen und stieläugigen Schalenkrebse schließen die ersteren, wegen des Freibleibens ihrer Körperringe gewöhnlich als Ringelkrebse (Arthrostraka) zusammengefaßten Familien sich durch die Scheerenasseln (Tanaiden) nahe an die Schizopoden an, und gliedern sich dann in die beiden Hauptabtheilungen der Flohkrebse (Amphipoden) mit Sprung-Hinterbeinen und der gleichfüßigen Asseln (Isopoden), zwischen denen die ursprünglicheren Scheerenasseln einigermaßen als gemeinsame Grundform in der Mitte stehen. Sie alle sind

außer durch ihre sitzenden Augen dadurch ausgezeichnet, daß der Kopf nur mit dem ersten Brustringe zu einer Kopfbrust verwächst, und kein ausgeprägtes Rückenschild vorhanden ist, während bei den stieläugigen Schalenkrebsen (Thoracostraca) ein mächtiges Kopfbrustschild (Cephalothorax) alle oder die meisten Brustringe nebst dem Kopf auf der Rückenseite deckt. Zu den Ringelkrebsen gehört ein großer Theil des Meeres-Ungeziefers, von dem viele sich auch zu Schmarotzern umgebildet und nicht wenige sich ins Süßwasser und auf das Land begeben haben, woselbst sie Keller, unsaubere Winkel und zerfallendes Holz, auch Ameisenhaufen, bewohnen, und gewissermaßen das Gesindel unter den Schalenkrebsen bilden. Die Binnenasseln (Cryptoniscіden) sind gegenüber den außen an Fischen schmarotzenden Fischasseln zu fast ungegliederten Binnenschmarotzern der höhern Krebse geworden.

Den höhern stieläugigen Schalenkrebsen, die man auch wohl als Zehnfüßler (Dekapoden) bezeichnet, schließen sich durch die Mittelfamilie der Cumaceen, denen dann wieder die Garneelen am nächsten stehen, ebenfalls den Schizopoden mittelbar an, ja sie sind als die Hauptfortsetzung derselben zu betrachten, während die Ringelkrebse mehr einen niedersteigenden Seitenzweig darstellen. Man theilt sie in die ältere Gruppe der langschwänzigen Dekapoden (Macrura), zu denen Garneelen, Langusten, Flußkrebse, Hummern, Einsiedlerkrebse u. s. w. gehören und in die jüngere, erst seit der Kreidezeit aufgetretene Gruppe, der kurzschwänzigen Dekapoden (Brachyura), welche die mannigfachen Familien der Krabben und Taschenkrebse umfaßt. Die Langschwänzer sind durch die vielen, aus ihren Reihen stammenden Tafelgenüsse bekannt genug, wir wollen daher hier nur der merkwürdigen Anpassungen an besondere Lebensverhältnisse und Formwandlungen gedenken, welche in ihrem Kreise die Paguriden oder Einsiedlerkrebse, die einen weichen Hinterleib mit flossenartigen Anhängseln zum Festhalten, und Platten am Rücken tragen, ausgebildet haben. Sie bergen rückwärts kriechend, den weichen Hinterleib in leeren Schneckenhäusern, mit denen sie umherkriechen, und sie gegen größere umtauschen, wenn sie dem heranwachsenden Körper zu eng werden. Einzelne Arten gehen sogar ans Land, klettern im Gebirge umher und müssen dann die aus ihrer Heimath mitgebrachten Gehäuse von Seeschnecken mit solchen von größeren Lungenschnecken vertauschen. Durch diese Bergung in der gewundenen Schneckenschale gewinnt der Schwanz zuletzt eine unsymmetrische Form. In neuerer Zeit haben die Einsiedlerkrebse besonders die Aufmerksamkeit der Forscher erregt, durch den „Freundschaftsbund", den sie mit gewissen Seerosen schließen und der jedenfalls zu den merkwürdigsten Beispielen der Symbiose, des Zusammenlebens zweier ganz verschiedener Thiere, gehört. Der auf unserer Tafel „Maskirung bei Krebsthieren" auf der linken Seite und oben rechts dargestellte Bernhardinerkrebs (Pagurus calidus) pflegt seine Wohnung, wenn irgend

Maskirung bei Krebsthieren.

möglich, mit einer schönen Seerosen-Art (Adamsia Rondeletii) zu besetzen, ohne die er nicht leben mag. Denn sobald er ein ihm zu eng gewordenes Schneckenhaus verlassen und ein neues, besser passendes gefunden hat, wandert er damit alsbald zu der alten Freundin hin und veranlaßt sie, auf sein neues Heim überzusiedeln. Man hat früher darin nur eine Art von einseitiger Schutzgewohnheit sehen wollen, und gemeint, der Krebs begebe sich unter den Schutz der Seerose, die wegen ihrer weit hervorschnellbaren Nesselorgane, und weil sie ihre Angreifer mit einem förmlichen Hagel von Giftpfeilen überschüttet, sehr gefürchtet ist. Allein man muß wohl richtiger an einen gegenseitigen Vortheil denken, denn die Aktinie genießt dafür ihrerseits den Vorzug, nicht gleich vielen ihrer Schwestern dauernd an derselben Stelle einer Klippe fest kleben zu müssen: sie wird nunmehr ihrer Beute entgegengeführt, und man hat mit dieser Ansicht im Einklange beobachten können, daß Einsiedlerkrebse, die ein solches Schutz- und Trutzbündniß geschlossen haben, dann auch ruhig zusehen, wenn der Polyp, so lange er dazu noch nicht zu hoch gewachsen ist, dem Krebse seinen Beuteantheil dreist vor dem Munde wegnimmt. Es verdient noch bemerkt zu werden, daß jede Bernhardinerart, die überhaupt einen solchen Gesellschafter aufnimmt, auch immer einen solchen von derselben Aktinien-Art wählt, während andere Arten ebenso regelmäßig ganz bestimmte andre Arten aufnehmen, so daß die Gesellschaftsfirma immer dieselbe bleibt. Die Genossen kennen sich eben und sind an einander gewöhnt.

Ueber die Art und Weise, wie sich solche der Art nützliche Gewohnheiten und Instinkte herausgebildet haben mögen, kann man nur Vermuthungen aufstellen. Wahrscheinlich gaben zufällige Ansiedlungen der Anemonen die Veranlassung dazu. Leichter kann man die Entstehung der Gewohnheit, den Schwanz in leeren Schalen zu bergen, verfolgen. Unter den zahlreichen, höchst verschiedenartigen Paguriden, welche die Naturkundigen der nordamerikanischen Forschungsexpedition des „Blake" vor einigen Jahrzehnten aus der westindischen Tiefsee hervorgezogen, fand man auch solche, die ihren Hinterkörper regelmäßig in Löchern und Spalten verbergen, deren Eingang sie mit ihren Scheeren verschließen. Bei ihnen ist der Hinterleib noch regelmäßig gebildet und mit harten Ringen besetzt. Bei Mixtopagurus sind von den sieben Ringen des Hinterleibs nur noch die letzten beiden groß und hart, die fünf ersten dagegen unvollkommen verkalkt, auch ist die Unregelmäßigkeit des Körpers schon angedeutet. Der Holz-Bernhardiner (Xylopagurus) bewohnt nur röhrenförmige Löcher hohler Aststücke und Rohrfragmente, aber diese Höhlen sind an beiden Enden offen, und der Einsiedler betritt seine Wohnung nicht nach der Gewohnheit seiner Mitbrüder mit dem Schwanz voran, sondern kriecht mit dem Kopfe voran hinein, und verschließt die vordere Oeffnung der Röhre mit seinen Scheeren, die hintere mit einem eigens dazu ausgebildeten Deckelschilde des Hinterleibes.

Die Krabben oder kurzschwänzigen Krebse bilden nach Ansicht aller Zoologen die Spitzen des Krebsreichs und damit stimmt gut überein, was man von ihren Instinkten, gesellschaftlichen Trieben u. s. w. erzählt. Auf der Tafel „Maskirung bei Krebsthieren" sind zwei Krabben dargestellt; in der Mitte eine sogenannte Meerspinne (**Maja**), welche Rücken und Beine dicht mit abgekniffenen Zweigen von Algen, Mooskorallen, Polypen u. s. w., die durch eigenthümliche „Angelhaare" daselbst festgehalten werden, besetzt, so daß sie sich durch diese Maskirung vor ihren zahlreichen Feinden verbergen, vielleicht auch, wie der wandelnde Wald von Birnam, ihre Opfer ungesehen beschleichen kann. Möbius beobachtete einen kleinen Taschenkrebs (**Melia**), der auf den Scheeren ein paar Aktinien trug. Andere Arten bedecken sich sofort mit den ersten besten Algenblättern, sobald

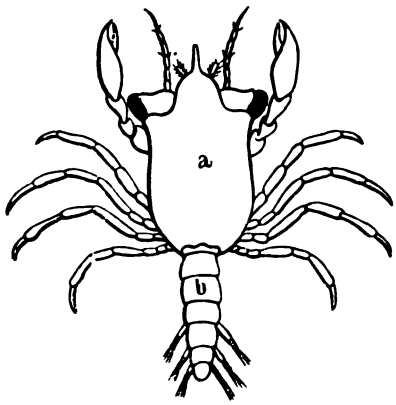


Fig. 274.
Megalops. Larve der gemeinen Strandkrabbe. a Kopfbrustſtück mit den großen Augen. b Der nach mehreren Häutungen bedeutend verkürzte Schwanz, welcher in der Folge noch weiter verloren geht.

Fig. 275.
Ausgewachsenes Männchen der Winkerkrabbe (Gelasimus) mit einer kolossal entwickelten Drohscheere, wie sie bei zahlreichen Arten neben einer kleinen Scheere vorkommen.

man ihren Rücken entblößt. In ähnlicher Weise verbirgt sich die rechts davon dargestellte Wollkrabbe (**Dromia**) unter einem orangerothen Schwamm, der ihren Körper bisweilen völlig umwuchert. Einzelne Arten haben besondere „Rückenfüße", um solche verbergenden Masken bequemer anzubringen oder festzuhalten. Den höheren Krebsen und Krabben kommt im hohen Grade die Eigenthümlichkeit vieler andern Gliederthiere (namentlich Spinnen und Heuschrecken) zu, ihre Beine, wenn man sie an irgend einer Stelle stark klemmt oder brennt oder schneidet, plötzlich abzuwerfen und zwar, wie schon Réaumur beobachtete, stets an einer Stelle dicht an der Hüfte, da wo die Verwachsungsstelle zweier Gelenkglieder durch eine feine Furche bezeichnet wird. Die Ablösung erfolgt durch einen Muskelkrampf, der durch den plötzlichen Reiz, reflektorisch in den Bauchnervenknoten erregt wird, daher unbewußt und selbst bei geköpften Thieren durch sogenannte Selbstverstümmelung (Autotomie). Absichtlich und mit Willen kann

der Krebs die Loslösung, die ihn aus vielen Gefahren errettet, nicht bewirken, wie man daraus ersieht, daß eine an einem Bein gefesselte Krabbe stundenlang vergebliche Versuche macht, um loszukommen. Es ist ein jäher Reiz dazu nöthig, den Loslösungskrampf hervorzurufen.

Ihren stark umgewandelten Körperformen entsprechend, müssen die Krabben besonders zahlreiche Vorfahren-Zustände in ihrer Entwicklung durchlaufen, und ihre Jugendformen sind oft wegen der Unähnlichkeit des Baues als besondere Krebsarten beschrieben worden, während sie eben nur Nachbilder ihrer Vorfahren sind. Vor ihrer letzten Metamorphose bieten sie dann noch das Ansehen eines langschwänzigen Krebses (Fig. 274), aber ähnlich den höchsten Wirbelthieren, den menschenähnlichen Affen, werfen sie zuletzt diesen Schwanz, die auffallendste Erinnerung an ihren Wurm-Ursprung mehr oder weniger vollständig ab (Fig. 275) und suchen sich ganz spät noch dem Luftleben anzupassen, indem sie als lärmende Schwärme das Festland besuchen. Allein sie ermöglichen dies nicht durch Umwandlung der Kiemen in Luftathmungs-Organe, sondern behelfen sich wie einige Fische, mit wassergefüllten Kiemensäcken, um das Athmungsorgan feucht zu erhalten. Besser haben einige der vorerwähnten Ringelkrebse (Seite 399), die Landasseln, sich dem Luftleben anzupassen vermocht, indem sich bei ihnen in die Kiementheile Luftröhren erstrecken, die den mit der allgemeinen Hornhaut der Gliederfüßler ausgekleideten Athmungsröhren (Tracheen) der eigentlichen Luftinsekten ziemlich nahe stehen.

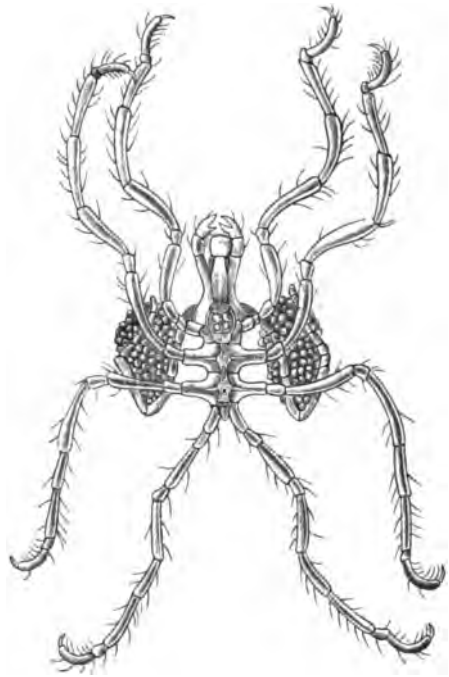


Fig. 276.
Pyknogonide.

Früher glaubte man eine wirkliche Uebergangsfamilie von den Krebsen zu den Spinnen in den sogenanten Krebsspinnen oder Pantopoden zu erkennen, namentlich in der Unterfamilie der Pyknogoniden (Fig. 276), spinnenartigen Meeresthieren, mit harter Schale und engem Leib, dessen Hinterleib ganz verkümmert ist, weshalb der Magen zum Theil in den langen Beinen untergebracht ist, in die sich Blindsäcke desselben, oft bis zum vordersten Gliede erstrecken. Allein Dohrn und Höck haben in

neuerer Zeit zu zeigen gesucht, daß sie weder mit irgend einer lebenden Krebsfamilie noch mit den Spinnen unmittelbar verwandt sind, vielmehr eine eigenartige Familie bilden, der man allerdings ihre Stellung wohl zwischen jenen beiden Klassen anweisen wird müssen. Aehnlich wie bei manchen niedern Krebsen werden die Eiertrauben von den Alten bis zur Reife umhergetragen, und zwar sind es hier die Männchen, deren drittes Gliedmaßenpaar zu Eierhaltern umgebildet ist. Die vier der Fortbewegung dienenden hintern Gliedmaßen sind im Verhältniß zu dem winzigen Rumpfe riesig entwickelt und bei den neuen Tiefsee-Expeditionen des Talisman und Albatroß hat man Arten einer Pyknogoniden-Gattung (Colossendis) emporgezogen, deren Beine eine Fläche von über zwei Quadratfuß umspannten, während der Rumpf kaum die Länge eines Zolles, bei einer Breite von 1/4 Zoll erreichte.

Die Spinnenthiere (Arachnoideen) zeigen bei allen Abweichungen ihrer Organisation doch so viele Aehnlichkeiten mit den Krebsthieren, namentlich mit den Molucken- und Riesenkrebsen, daß man an eine spätere Trennung von einem gemeinsamen Grundstamm denken darf. So hat in neuerer Zeit Barrois in der Entwicklung der Spinnen ein Stadium nachgewiesen, welches er wegen der Formähnlichkeiten geradezu das Limulus-Stadium (Fig. 280) nennt. Den Insekten gegenüber haben sie mit den Krebsen die häufige Verschmelzung von Kopf- und Brusttheil, sowie die Flügellosigkeit gemein; auch ihr Athmungssystem steht oftmals zwischen demjenigen der Landasseln und der echten Röhren-Athmer (Tracheaten) gleichsam in der Mitte, indem die Athem-Röhren nicht den ganzen Körper durchziehen, sondern sich auf ein paar seitliche Säcke (sogenannte Lungen) beschränken. Es mangeln ihnen außerdem die großen Augen und die Fühler, die aber in sehr jungen Zuständen angelegt erscheinen und verloren gehen. Von den Insekten unterscheiden sie sich nur scheinbar durch ein viertes Beinpaar, welches sich bei genauerer Betrachtung nämlich als ein umgewandeltes Kieferpaar zu erkennen giebt. Ja bei den Walzenspinnen (Solpugiden), großen spinnenartigen Thieren der wärmeren Länder, die meist in den falschen Verdacht stehen, einen sehr giftigen Biß zu verursachen, sind sogar die langen Kiefertaster, welche bei den Skorpionen die großen Scheeren tragen, beinartig gebildet, so daß man zehnfüßige Spinnenthiere vor sich zu haben glaubt. Diese Thiere zeigen durch ihren freien Kopf, der bei allen anderen Familien mit der Brust verschmolzen ist, durch die gegliederte Brust und den langgestreckten ebenfalls aus einzelnen Ringen bestehenden Hinterleib an, daß sie dem Grundriß des Spinnenleibes, wie er in den ältesten Formen vorhanden gewesen sein mag, am nächsten geblieben sind. Sie zeigen in dieser Dreigliederung des Körpers in Kopf, sechsbeinige Brust und Hinterleib mit fußlosen Ringeln, sowie in der früh festgehaltenen Zahl von 17 Querstücken (Metameren) eine Entfernung von den Krebsen und eine Annäherung an die Gliederung des Insektenkörpers,

weshalb man an ihrer nähern Verwandtschaft mit Krebsen zweifeln und den Anschluß bei myriapodenähnlichen Ahnen zu suchen geneigt sein könnte.

Die Skorpione im engeren Sinne, welche durch die Skorpionsspinnen oder Geißelskorpione (Pedipalpi) mit den Solpugiden und eigentlichen Spinnen verbunden werden, sind die ältesten Spinnenthiere und vielleicht die ältesten luftathmenden Gliederthiere überhaupt, von denen man fossile Spuren besitzt. Denn bereits in den oberfiluriſchen Ludlow-Schichten von Gotland, Schottland und Nordamerika wurden seit 1884 Skorpione gefunden, von denen die europäischen (Fig. 277) zu der Familie der Paläophoniden gerechnet werden, während der amerikanische Silur-Skorpion (Proscorpius Osborni) der in der Steinkohlenzeit fortlebenden Familie der Früh-Skorpione (Eoscorpionidae) zugerechnet wird. In den Steinkohlenschichten findet man sodann eine größere Anzahl von Arten, die man mit den Silur-Skorpionen zur Unterordnung der Steinkohlen-Skorpione (Anthracoscorpii) zusammenfaßt. Sie besaßen bereits das allgemeine Ansehen unserer heutigen Skorpione, z. B. die Zusammensetzung des Hinterleibes aus sieben vordern, breiteren Segmenten (Praeabdomen), welche auf der Unterseite vorn ein paar kammförmige Anhänge tragen, und das schmalere sechsgliederige, auch als Schwanz bezeichnete Postabdomen, dessen letztes Glied den Giftstachel trägt. Erst bei genauerem Hinschauen erkennt man feststehende Unterschiede von den heute lebenden Skorpionen (Neoscorpii), unter andern darin bestehend, daß die Spindel des kammförmigen Anhanges sich bei den alten Skorpionen aus mindestens 4 oder mehr Platten, bei den jüngeren niemals aus mehr als drei Platten zusammensetzt. Auch in der Kopf- und Augenbildung, sowie in andern erkennbaren Einzelnheiten ergeben sich feststehende Unterschiede.

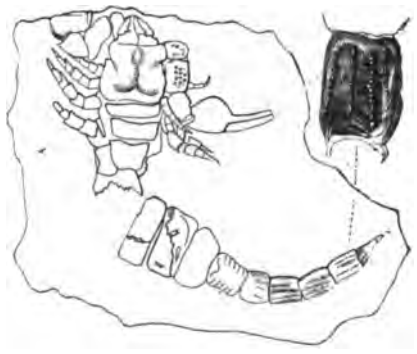


Fig. 277.
Palaeophonus nuncius Thorell und Lindström. Aus dem Ober-Silur von Wisby auf Gotland. Natürliche Größe. Daneben das vorletzte Schwanzglied vergrößert.

In den letzten Decennien hat man in Steinkohlenschichten der schottischen Südgrenze besonders schön erhaltene Skorpione gefunden, sämmtlich zur Gruppe der Eoscorpione gehörig, unter denen sich bereits Individuen von 8 bis 10 Zoll Länge befanden. Es ließen sich deshalb viele Einzelnheiten an ihnen besser erkennen, unter andern die Giftblase. Von ihren Kämmen wurde gesagt, daß sie die sehr eigenthümliche Skulptur der Eurypteriden-Kämme (vergl. S. 385) zeigen. Von den heute lebenden Skorpionen unterschieden sie sich auch durch gestielte Mittelaugen, mit denen sie vor-

wärts, aufwärts und auswärts sehen konnten, wie echte Krebse. Bei der großen Steinkohlen-Gattung Glyptoscorpius Peach, welche Fächertracheen und Kiefertaster zeigt, sind übrigens lehrreiche Zweifel aufgestiegen, ob dieselbe überhaupt zu den Skorpionen oder zu den Eurypteriden zu stellen sei. Peach reiht sie den Eurypteriden an. Simroth und andere Zoologen fanden, wie schon oben angedeutet (S. 386), die Organisations-Uebereinstimmungen zwischen den Skorpionen einerseits und den Limuliden und Eurypteriden andrerseits, so groß, daß sie diese überhaupt für ins

Fig. 278.
Cyclophthalmus Bucklandi. Aus dem böhmischen Steinkohlensystem.

Wasser gegangene Spinnenthiere halten wollten, was aber doch wegen des Zusammenhanges jener mit Trilobiten und Xiphosuren nicht angehen will. Die in Figur 278 abgebildete Steinkohlengattung Cyclophthalmus, von der drei verschiedene Arten bekannt sind, schließt sich in mancher Beziehung an die lebende Gattung Androctonus an, zeigt jedoch neben den andern Unterschieden eine von derjenigen aller lebenden Skorpione abweichende Anordnung seiner 12 Seitenaugen, die im Kreise vor den Mittelaugen stehen. Die Kiefer sind mit Zähnen bewaffnet, die Scheerenfühler ungemein groß. Die neben dem Skorpion dargestellte Versteinerung, die man früher für das Flügeldeckenpaar eines Käfers hielt und dadurch der irrthümlichen Annahme Vorschub gab, daß bereits Käfer zu den Zeitgenossen der Steinkohlen-Skorpione gehört hätten, ist wahrscheinlich auf eine Gymnospermenfrucht des Steinkohlenwaldes zu beziehen.

Ein Uebergangsglied von den Skorpionen zu den Spinnen, welches auch durch Umbildung des vordersten Beinpaares in lange Fühler einigermaßen an Insekten erinnert, sehen wir noch im giftlosen Geißelskorpion (Phrynus) der Tropenländer und derselbe besaß einen Vorgänger bereits in der Steinkohlenzeit in einem Thiere, welches Buckland für einen Käfer gehalten hatte (Eophrynus Prestvicii Fig. 279 c) Obwohl der Hinterleib desselben bereits die gerundete Form des echten Spinnenleibes aufweist, bestand er doch noch aus 11—12 getrennten Ringen, wobei zugleich eine Dreitheilung, wie bei den Trilobiten in's Auge fällt. Bei den Afterspinnen oder Kankern (Phalangidae), die durch ihre Scheerenbildungen den Skorpionen ebenfalls näher blieben, erhielt sich diese Gliederung des Hinterleibes bis heute, wie wir an den bekannten Weberknechten sehen können. Auch die den echten Spinnen näherstehenden Formen besaßen zur Steinkohlenzeit sämmtlich diesen gegliederten Hinterleib, der in sechs bis acht Ringe zerfiel (Fig. 279 a b d e) und deshalb hat F. Karsch für sie die Gruppe der Steinkohlenspinnen (Anthracomarti) aufgestellt, da sie sich außerdem noch durch die von oben sichtbaren Palpen von den lebenden Spinnen unterscheiden. Sie stellen in allen Punkten Uebergangsglieder von den alten Skorpionsspinnen zu den jüngern Spinnen (Araneïden) ohne gegliederten Hinterleib dar, welche erst viel später in der Jurazeit mit erkennbaren Resten auftraten. Da auch die Kopfbrustringe bei ihnen zu einem Stück verschmolzen sind, so scheint der Körper nur noch aus zwei Theilen zu bestehen, die durch eine dünne „Taille" verbunden werden. Die Verwandtschaft mit den Skorpionen verräth sich bei manchen Raubspinnen (Teraphosiden), namentlich den großen Vogelspinnen, noch durch gewisse zirpende Töne, welche beide Thierarten durch Reibung geriefter Gliedmaßen hervorbringen, um wahrscheinlich dadurch andre Thiere vor Angriffen zu warnen. Die Entstehung aus zahlreichen Ringeln tritt am Hinterleibe der heute lebenden höheren Spinnen nur noch in früheren Entwicklungszuständen (Fig. 280) hervor, unter welchen eine Form auftritt, die noch über die Steinkohlenspinnen zurückgreift und von Barrois als das Limulus-Stadium bezeichnet wurde.

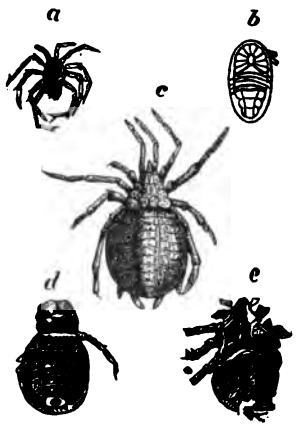


Fig. 279.
Steinkohlenspinnen. a Protolycosa anthracophila. b Architarbus subovalis. c Eophrynus Prestvicii. d e Brust- und Bauchstück von Anthracomartus Völkelianus.

Bei den Netze webenden Spinnen, die den höchsten und spätesten Ausdruck des Spinnen-Ideals darstellen, bildet jeder dicke Hinterleib das Magazin der zähen Spinnflüssigkeit, aus welcher mit oft bewundertem Geschick kunstvolle Fangnetze gewebt werden. Das Material ist eine ganz

ähnliche stickstoffreiche Masse, wie diejenige, welche den gesammten Körperbau der Gliederfüßler umhüllt und selbst die Luftröhren auskleidet, durch welche sie ihrem Körper Sauerstoff zuführen, und das Spinnen ist im Grunde eine Kunst, zu der Gliederfüßler der verschiedensten Klassen (Käfer, Blattwespen, Schmetterlinge u. s. w.) befähigt sind. Allein die Spinnen haben es, indem sie sich speziell auf diese Fertigkeit warfen und sie nicht mehr wie andere Insekten, blos zum Schutze, sondern zum Fange und Broderwerb ausnützten, darin am weitesten gebracht. Der treibende Grund dürfte in dem ursprünglichen Verzicht der Sippschaft auf Flügel, welche ihre Angehörigen auf Netzjagd anwies, zu suchen sein, und zuletzt ersetzt ihnen das Gespinnst noch in anderer Beziehung die von der Schwesterlinie erworbenen Flügel, indem sie sich an ihren Fäden festgeklammert, luftschiffend den Windströmungen anvertrauen. Andererseits giebt es auch Raub- und Sprungspinnen, die keine Netze weben und ihre Beute entweder stillsitzend, in oft harmlosen Verkleidungen (z. B. als Blumenknospe oder Vogelkoth) erwarten, oder im Sprunge überraschen; diese Arten benützen ihre Webekunst nur zum Stricken von Eierbeuteln, in der sie ihre Brut mit sich tragen oder zum Austapeziren ihrer mit Fallthüren versehenen Wohnungen. Die Wasserspinne (Argyroneta) legt einen Wasserpalast oder eine silberglänzende Taucherglocke an, worin sie die Luft blasenweise hinabnimmt und ihre Beute fängt.

Fig. 280.
Limulus-Stadium der Spinnen.
(Nach Barrois).

Eine andere Klasse von Spinnenthieren, die Milben, Zecken- und Zungenwürmer, widerlegen mit so vielen andern Schmarotzern die voreilige Annahme, daß in der Welt stets nur fortschrittliche Entwicklung zu finden sei. Bei ihnen verschmelzen, ähnlich wie bei den Binnenasseln die Körperringe (S. 400), die beiden Körperhälften der echten Spinnen zu einer ungegliederten Masse, einem Sack, der sich auf Pflanzen oder Thieren parasitisch ernährt, und oft für lange unbeweglich festklammert. Manchmal ist das Spinnenthier nur noch durch das Studium seiner Entwicklungsgeschichte in ihnen zu erkennen und nachzuweisen. Auch hier ist nämlich das Jugendthier ein viel vollkommneres Wesen als der in seinen Sünden versunkene ältere Schlemmer, der zu faul, sich selbst um Nahrung zu bemühen, den fleißigeren Nachbar schröpft. Man glaubt in allen solchen Fällen zu sehen, wie die Natur ihren Fluch an den Stillestand geheftet hat. Die sonst zu dieser Abtheilung der Spinnenthiere gestellten, durch ihre

Eintrocknungs- und Wiederbelebungsfähigkeit ausgezeichneten Bärenthierchen (vergl. S. 145 bis 147) werden von manchen Zoologen neuerdings zu den Infusionsthierchen versetzt.

Während bei den Spinnenthieren vielerlei Anzeichen vorliegen, die es wahrscheinlich machen, daß sie aus einer Umbildung alter Krebsformen hervorgegangen sind, scheinen die Insekten im engern Sinne, von denen sie sich durch stete Flügellosigkeit unterscheiden, sich noch früher und wahrscheinlich schon im ersten Anfang, von dem Geschwisterstamm der Krebs- und Spinnenthiere getrennt zu haben. Zwar beginnen auch die Kerbthiere, Kerfe oder Insekten, welche ihre deutschen, griechischen und lateinischen Namen dem Umstande verdanken, daß ihr aus vielen Querstücken bestehender Leib, der Länge nach mehr oder weniger eingekerbt oder eingeschnitten erscheint — der griechische Ausdruck Entomon und der von Plinius eingeführte lateinische Insectum besagen nichts anderes — in der heutigen Lebewelt mit flügellosen Formen und es bestehen zwischen Insekten und Krebsthieren und noch mehr zwischen Kerfen und Spinnen zahlreiche Uebereinstimmungen im Körperbau. Fritz Müller hat in dieser Beziehung darauf hingewiesen, daß die Zoëa-Larve der Krebse ganz wie die Kerfe drei Paar der Nahrungsaufnahme und drei Paar der Bewegung gewidmete Gliedmaßen, den anhangslosen Hinterleib und die tasterlosen Kiefer zeige. Ebenso ist beiden Thierklassen die geschichtete, von feinen Poren durchsetzte Chitinbekleidung, das zusammengesetzte Auge, und manche weitere Eigenthümlichkeit gemeinsam, und die erste Umbildung des Embryos geht in beiden Abtheilungen der Gliederfüßler in ganz gleicher Weise vor sich, indem die Zellentheilung nur in der äußern, den Dotter umschließenden Schicht stattfindet, aber in der Weiterentwicklung treten mancherlei frühe Verschiedenheiten ein. Man kann daher im Allgemeinen nur sagen, daß beide Abtheilungen aus einer Gruppe von Würmern hervorgegangen sind, deren Körper, wie bei den Ringelwürmern in zahlreiche Querstücke getheilt war. In den Anhangsgebilden dieser Ringelwurm-Ahnen mögen bereits Verschiedenheiten bestanden haben, denn an den Kerflarven treten beispielsweise die für die Krebslarven so charakteristischen Spaltfüße niemals auf. Man könnte demnach annehmen, daß die Krebsthiere von Borstenwürmern mit doppelten Seitenstummeln (Parapodien), die Insekten von solchen mit einfachen Stummelfüßchen herzuleiten seien. Weniger Werth ist auf die durchaus verschiedene Athmungsweise zu legen, die bei den eigentlichen Krustern in mancherlei Kiemen, bei den Spinnenthieren und Kerfen in mit Chitinbändern ausgekleideten Luftröhren (Tracheen) stattfindet, denn ein ähnlicher Ersatz der Wasserathmungs- durch Luftathmungsorgane hat ja auch in andern Abtheilungen des Thierreichs, namentlich bei den Wirbelthieren stattgefunden, ohne daß man deshalb die Luftsäugethiere von andern Ahnen herzuleiten braucht als die Fische.

Eine wenig veränderte Nachkommenschaft der ältesten Luftrohrthiere

(Tracheaten), die indessen bereits mancherlei Anhangsgebilde verloren zu haben scheint, dürfte in dem erst in neuerer Zeit durch Moseley, Balfour und andere Naturforscher genauer studirten Peripatus-Geschlechte auf unsere Zeit gekommen sein. Die über einen großen Theil der südlichen Halbkugel und über heute durch weite Meere geschiedene Regionen verbreiteten, und schon deshalb als uralte Thierformen anzusehenden Peripatiden (Fig. 281) sind raupenartig kriechende, vielfüßige Thiere, die meist im dichten Ufergebüsch oder unter feuchtem, faulem Holz leben, im Wasser dagegen alsbald absterben, so daß man sie früher als eine Art „Krallenwürmer" einfach zu den Borstenwürmern gestellt hatte. Aber schließlich mußte man erkennen, daß man sie in mehr als einer Beziehung als echte Zwischenglieder zwischen Ringelwürmern und Luftröhren-Thieren (Tracheaten) zu betrachten hat, weshalb man sie jetzt meist als Ur- oder Protracheaten zu Vertretern einer besonderen Klasse macht. Mit den Ringelwürmern haben sie die unbestimmte, stark wechselnde Zahl der Abschnitte, die Segment-Nierenkanäle oder Nephridien (vgl. S. 269) und die ungegliederten Stummelfüße gemein, mit den Tausendfüßlern und Insekten, Tracheen, wenn auch noch unvollkommene, die aber nicht, wie man zuerst glaubte, aus diesen Segment-Nierenkanälen hervorgegangen sind sondern wie schon ihre gleichmäßige büschelweise Vertheilung in der Hautbedeckung zeigt, durch Anpassung an die Thätigkeit des Gasumtausches unmittelbar aus Hautdrüsen entstanden sind, wie sie sich bei Blutegeln, Landplanarien, u. a. häufig finden. Daß man die Peripatiden als einen wenig veränderten Urtypus zu betrachten hat, lehrt auch ihre Entwicklungsgeschichte, in welcher als einziger Fall im gesammten Gliedfüßler-Reiche noch die unveränderte Gastrulalarve auftritt, während sie, wie eben erwähnt, bei Krebsen, Spinnen und Insekten durch eine dottergefüllte Kugel ersetzt wird.

Fig. 281.
Peripatus Edwarsii (Cayenne) 2 : 1. Nach Grube.

Unter den heute lebenden Kerfen schließen sich ihnen namentlich die Tausendfüßler (Myriapoden), von denen man schon aus der Steinkohlenzeit mit deutlichen Tracheen versehene Arten gefunden hat, dadurch an, daß bei ihnen ebenfalls eine Beschränkung der Fußzahl und Gliederung des Körpers in drei Hauptabschnitte, wie bei den Sechsfüßlern, noch nicht eingetreten ist. Die Zahl der gleichartigen Metameren steigt bei ihnen von 20 bis 150 und darüber. Nur das Kopfstück mit einem Paar Fühlern und 3 Paar Kiefern, sowie das Schwanzstück sind verschieden, sonst unterscheiden sich Vorderleibs- (Brust-) und Hinterleibsringe nicht von einander, jeder mit Rücken- und Bauchschild versehene Ring trägt ein Paar kurzer, unter sich gleicher, gegliederter Beine. Der innere Bau der Ringe

kommt denen des Sechsfüßler- und Spinnenkörpers bereits nahe; die Segment-Nieren der Protracheaten sind verschwunden. Die ältesten Reste von Tausendfüßlern hat man im schottischen Devon gefunden. Zur Steinkohlenzeit waren sie schon so formenreich, daß die damals lebenden und fossil erhaltenen Arten, von denen manche in hohlen Baumstumpfen der Steinkohlenschichten gefunden wurden (vgl. S. 172), bereits in 2 Ordnungen und vier Familien getrennt werden müssen. Unter ihnen glich **Palaeocampa anthrax** aus der Ordnung der **Protosyngnatha** durch zwei Reihen von Büscheln feiner Nadeln auf dem Rücken einer Bären- oder Bürstenspinner-Raupe, für die sie auch anfangs gehalten wurde. Die **Urvielfüßler (Archipolypoda)** trugen meist noch Rücken- oder Seitenanhänge an den Ringen, ähnlich den Borstenwürmern, und waren, was besonders hervorzuheben ist, neben den Luftathmungsöffnungen (Stigmen) theilweise auch noch mit kiemenartigen Organen für Wasserathmung versehen, so daß man ihnen eine amphibische Lebensweise zuschreiben muß. Manche dieser amphibischen Arten waren ziemlich groß, z. B. **Acantherpestes major** von 0,3 Meter Länge mit centimeterlangen zweiästigen Stacheln, doch kennt man auch lebende Familien-Angehörige ähnlicher Größe, die mit ihren „tausend" Füßen und Gelenken einen unheimlichen Eindruck machen und in der japanischen Mythe zu drachenartigen Ungeheuern auswachsen. Die **Euphoberien** (Fig. 282), von denen 12 Steinkohlenarten bekannt sind, trugen einfache Dornen, die in mehreren Reihen auf dem Rücken und an den Seiten standen. Diese urweltlichen Arten mit Rücken- und Seiten-Anhängen, welche schon im paläozoischen Zeitalter vollständig ausstarben, zeichnen sich noch dadurch aus, daß bei ihnen die Rückenplatten der Ringe mehr oder weniger deutlich aus zwei Stücken zusammengesetzt erscheinen, die später völlig verschmolzen.

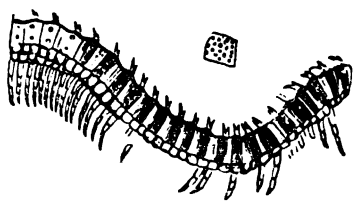


Fig. 282.
Euphoberia armigera. Steinkohle von Illinois. Natürl. Größe.

Unter den heute lebenden, mehr glatten Arten, von denen erst wieder aus der Kreide- und Tertiärzeit fossile Formen, namentlich im Innern von Bernsteinstücken vorkommen, unterscheidet man zwei Ordnungen: die sich näher an die paläozoischen Arten anschließenden **Skolopender (Chilopoden)** mit mehr flachgedrücktem Körper und je einem Beinpaar an jedem Körperring und die **Doppelfüßler (Diplopoden** oder **Chilognathen)** mit je zwei Fußpaaren an jedem Segment, und mehr walzenförmigem Körper von kreisrundem Querschnitt. Bei einzelnen Arten kommen wohl auch Rauhigkeiten und feine Borsten auf dem Rücken, aber keine Stacheln und Anhänge mehr, wie bei den Archipolypoden vor. Diese gegenwärtig artenreichste und verbreitetste Ordnung war schon in der Tertiärzeit reicher an Gattungen und Arten als die der Skolopender (Chilopoden)

und man hält sie deshalb wohl für die jüngere, doch kommen schon in der Steinkohlenzeit julidenartige Formen vor, die man als Archijuliden den Archipolypoden anschließt. Unter den heute lebenden Myriapoden giebt es gänzlich blinde und sehr augenreiche Arten, die durch den Reichthum an Punktaugen (Ocellen) selbst die Spinnen in Schatten stellen, z. B. Julus londinensis mit jederseits 50 Punktaugen in ungefähr 5 Bogenreihen zu je 10 Ocellen. Diese Augen stehen aber von einander getrennt, und erst wenn man sie dicht aneinander gerückt denkt, würde ein Facetten-Auge, wie bei den meisten Sechsfüßlern entstehen.

Fig. 283. Campodea Staphylinus. Vergrößert.

Die Ableitung der Sechsfüßler (und ev. auch der Spinnenthiere) von vielfüßigen Ahnen mit der Allgemein-Organisation der Protracheaten und Myriapoden bereitet dem denkenden Zoologen keine größeren Schwierigkeiten, als diejenige der Krebse aus Borstenwürmern: es geschah im Wesentlichen durch Verkümmerung der Beine an den letzten Segmenten und durch Beschränkung der Zahl derselben auf eine gleichmäßige geringere Anzahl. Nur erscheint der Schritt vom Vielfüßler zum Sechsfüßler viel plötzlicher als etwa derjenige vom Urkrebs zum Dekapoden, weil bei den Krebsen die Hinterleibsglieder noch bei unzähligen niedern Formen Fußanhänge behielten. Doch finden wir bei einigen sehr tief stehenden lebenden Insekten, nämlich bei Campodea (Fig. 283) und Japyx, welche die unterste Stufe der Flügellosen (Apteroten) darstellen, noch heute 7—9 Paare bleibender Hinterleibsfüße, die als sogenannte „Griffel" oder „Hüftsporne" bezeichnet werden, sich aber deutlichst als bewegliche, wenn auch verkümmerte Füße zu erkennen geben. An der Innenseite dieser Hinterleibs-Füßchen liegen vorstülpbare Bläschen, welche den Hüftdrüsen der Tausendfüßler und Peripatiden, und den Borstendrüsen der Ringelwürmer entsprechen. Bei den übrigen Apteroten, unter denen der niedliche Zuckergast oder das Silberfischchen (Lepisma saccharina) als häufiger Gast in unsern Wohnungen den meisten Lesern durch seine zierlichen Bewegungen und sein silberschimmerndes Kleid, welche ihn so vortheilhaft von anderen Wohnungsgästen unterscheiden, bekannt sein wird, fehlen die Hinterleibsbeine und bei den Springschwänzen (Poduriden), zu denen die Schnee- und Gletscherflöhe gehören, hat sich der Körper noch mehr verkürzt und der letzte Ring trägt eine Springgabel. Alle diese Thiere sind flügellos und scheinen es auch niemals zur Entwicklung von Flügeln gebracht zu haben, entgegen andern flügellosen Insekten, die ihre Flügel

nur wieder verloren haben, wie z. B. viele Heuschrecken, Blattläuse, Flöhe und Käfer, bei denen dann die nächsten Verwandten Flügel besitzen. In ihrer neuerdings von Uexel und Heymons studirten Entwickelungsart schließen sie sich derjenigen der Tausendfüßler eng an, und auch ihre oft in größerer Zahl zu beiden Seiten des Kopfes einzeln stehenden Punktaugen erinnern an diejenigen der Tausendfüßler. Natürlich ist ihre Sippschaft sehr alt und in den durch vorzügliche Erhaltung der in ihnen eingeschlossenen Kerfreste ausgezeichneten Steinkohlenschichten von Commentry (Allier) konnte Ch. Brongniart schon ein halbes Hundert hierhergehöriger, wegen ihrer allgemeinen Behaarung als Rauh-Thierchen (Dasyleptus) bezeichneter Kerfe dieser niedersten Stufe erkennen. In späteren Schichten und namentlich im Bernstein sind zahlreiche den lebenden Formen sich näher anschließende Gattungen gefunden worden.

Den eigentlichen Insekten, die stets nur drei Paar Brustfüße besitzen und daher auch Sechsfüßler (Hexapoda) genannt werden, fehlen im ausgewachsenen Zustande Hinterleibsfüßchen gänzlich, aber an den Hinterleibsringen der Embryonen von Wasserkäfern (Hydrophilus) sah Kowalewsky schon vor 20 Jahren fußartige Glieder-Ausstülpungen, und Graber hat die Unterseite eines 13 Tage alten Maikäfer-Embryo gezeichnet, die wirklich noch an diejenige eines Tausendfußes erinnert, sofern noch außer den drei Brustringen neun Hinterleibsringe (bis auf die drei letzten) mit Fußstummelpaaren versehen sind. Am siebzehnten Tage waren die 8 letzten Fußpaare verschwunden, und es hatte sich nur noch das erste Hinterleibsfußpaar erhalten, dieses aber stark sackartig vergrößert, so daß es an einen Kiemensack erinnerte. Ein ähnliches Verhalten beobachtete Graber am Keimstreifen des 18 Tage alten Eies einer Schnarrheuschrecke, auch hier war ein viertes Fußpaar angelegt, und er mußte sich fragen, ob diese Hinterleibsfußpaare den Urinsekten vielleicht, ähnlich wie bei den Krebsen, noch als Kiementräger gedient haben möchten? Insektenlarven mit äußern Hinterleibskiemen werden wir bald kennen lernen. Auch die sogenannten Afterfüße vieler Raupen, von denen die der Skorpionsfliegen 8 Paare, der Blattwespen 6—8 Paare und der Schmetterlinge 2—4 Paare tragen, sind vielleicht doch ererbte Hinterleibsfüße, die andern Larven verloren gegangen sind; viele Zoologen betrachten sie jedoch als Neubildungen. Bei den niederen Insekten ist die Verwandlung eine sehr geringfügige und die jugendliche Campodea unterscheidet sich sehr wenig von dem erwachsenen Thier, auch kehren Campodea-ähnliche Larven bei ziemlich vielen Insekten, namentlich bei Geradflüglern wieder. Bei vielen andern aber scheint es, wie erwähnt, als ob sie in ihrem jüngern Larvenleben zur mehrfüßigen Raupen- oder Madenform der Urtracheaten zurückkehren, um erst später die weitere Eintheilung des Körpers, und Ausbildung der verschiedenen Anhangsgebilde durchzuführen.

Die Gesammtzahl der Rumpfabschnitte, welche den Insektenkörper zu-

sammensetzen, besteht in der Anlage gewöhnlich wie bei den Spinnenthieren aus 17 bis 18 Segmenten, von denen 4 in die Bildung des Kopfes, 3 in die der Brust und 9 bis 11 in die des Hinterleibes eingehen. Bei den niedersten Insekten, wie Campodea (Fig. 283) ist die Zusammensetzung selbst des Kopfes und der Brust aus einzelnen Ringen noch deutlich erkennbar, bei den Heuschrecken (Fig. 284) ist diejenige des Kopfes verwischt und erscheint, wie aus einem Stück, auch die drei Ringe der Brust, die bei den Flügellosen, Urflüglern und Geradflüglern, d. h. den älteren Insekten überhaupt, noch deutlich getrennt hintereinanderliegen, verschmelzen bei den jüngeren Insekten mehr und mehr zu einem Stück, welches von einem gemeinsamen Rückenschild, z. B. bei den Käfern, bedeckt wird, zuletzt tritt die Zusammensetzung des Körpers aus den drei Hauptstücken, Kopf, Brust und Hinterleib durch tiefe Einschnürungen und dünne Verbindungsstiele oft noch mehr hervor, z. B. bei Fliegen, Wespen und Schmetterlingen.

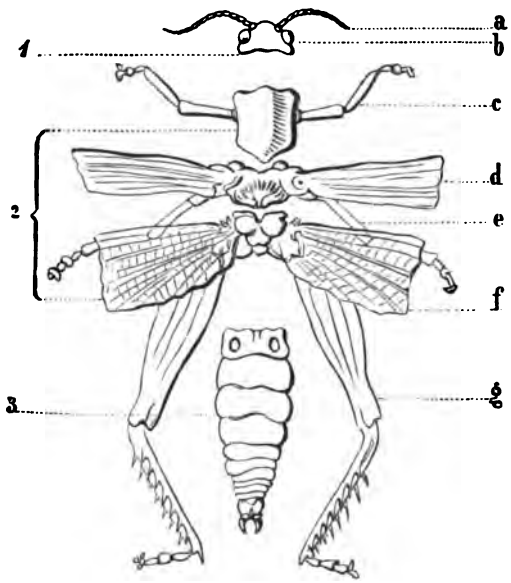


Fig. 284.

Gliederung des Insektenkörpers (Heuschrecke). 1 Der aus mehreren gänzlich verschmolzenen Ringen bestehende Kopf. 2 Der stets aus drei Ringen bestehende Mittelkörper, welcher die drei Beinpaare und die beiden Flügelpaare trägt. 3 Der aus 10 Ringen bestehende Hinterleib. a Fühler. b Augen. c Vorderbrust (Prothorax) mit den Vorderfüßen. d e Mittelbrust (Mesothorax) mit einem Flügelpaar und den Mittelfüßen. f Hinterbrust (Metathorax) mit den Hinterflügeln und Hinterfüßen (g).

Von den Einzelnringen tragen, wenn man von den Hinterleibs- und Schwanzanhängen absieht, nur sieben seitliche Arbeitsgliedmaßen, der erste Kopfring die Fühler oder Antennen, der zweite ein Oberkiefer- oder Mandibel-Paar, der dritte das Unterkiefer- oder Maxillen-Paar und der vierte das Hinterkiefer- oder Postmaxillenpaar, welches gewöhnlich zur sogenannten Unterlippe (Labium) verwachsen ist. Die sogenannte Oberlippe (Labrum) ist nur ein Stirnvorsprung. Die drei Brustringe tragen die drei Beinpaare sowie bei den geflügelten Insekten die Flügel, und weil diese Ringe die Bewegungsmuskeln enthalten, sind sie bei vielen Insekten breiter als der Hinterleib. Während die Kerfbeine sich, ebenso wie die Kopfanhänge und Mundwerkzeuge, von den Beinen der Ringelwürmer und Protracheaten unmittelbar herleiten, sind die Meinungen über den Ursprung

der Flügel, die den Protracheaten, Myriapoden und Apteroten noch fehlen, getheilt. Die Einen wollen sie von Rückenschuppen der Ringelwürmer, Andere aus blattförmigen Tracheenkiemen, wie sie viele Urinsekten zeigen, noch Andere von fallschirmartigen Hautfalten des Rückens herleiten. Sie werden von Luftröhren, Blutgefäßen und Nerven durchzogen und ihre Beschaffenheit wechselt bei den einzelnen Klassen mehr als die der Beine, die sich in der Regel aus fünf Stücken zusammensetzen: 1. dem rundlichen Hüftglied (Coxa), 2. dem kurzen Schenkelring (Trochanter), 3. dem starken Schenkel (Femur), 4. dem meist schlankeren Schienbein (Tibia) und 5. dem Fuß (Tarsus), der seinerseits wieder aus meist 5 Gliedern besteht, von denen das letzte gewöhnlich ein Paar Krallen oder sog. Haftlappen trägt.

Durch Umbildungen aller einzelnen Theile, namentlich der Mundtheile in kauende, stechende und saugende Organe, aber auch der Füße und Flügel entstand die ungeheure Mannigfaltigkeit der Insektenwelt, welche diejenige aller andern Thierklassen überflügelt, so daß man die heute lebenden Kerfe allein auf 400 000 Arten schätzt. Im Ganzen bleibt sich aber das Grundschema des Körpers ziemlich gleich und wenn z. B. Flügelpaare verkümmern, bleiben in der Regel Rudimente, welche die Stelle bezeichnen, wo sie saßen. Selbst die Zahl der Querstücke bleibt sich bei vielen Tausenden hierhergehöriger Thiere nahezu gleich; auch die Sinnesorgane zeigen mit Ausnahme der Fühler, in denen man neben dem Tastgefühl noch den Geruchssinn lokalisirt glaubt, nur wenig Aenderungen. Namentlich bieten die großen Seitenaugen (Fig. 285) die musivisch aus mehr oder weniger Facetten zusammengesetzt sind, und nach der Ansicht neuerer Forscher auch das Gesichtsbild musivisch zusammensetzen, aber mehr zum Erkennen von Bewegungen als zur scharfen Unterscheidung der Formen geeignet sind, nur wenig Fortschritte über das Auge der ältesten Gliederfüßler, der Krebse hinaus. Neben den Seitenaugen finden sich bei vielen Insekten noch einfache, sogenannte Punktaugen (Ocellen), die, gewöhnlich in der Dreizahl auf dem Scheitel stehen, namentlich bei Hautflüglern, Geradflüglern und Halbflüglern; bei andern Klassen, wie z. B. den Käfern, fehlen solche Punktaugen meist ganz, oder treten nur noch an den Larven auf. In den zusammengesetzten Seitenaugen wechselt die Zahl der Linsenstäbchen außerordentlich, sinkt unter zehn und steigt auf viele Hundert, so daß die Augen oft, z. B. bei Libellen und Fliegen, den größten Theil der Kopfoberfläche einnehmen. Das Nervensystem erhebt sich nicht merklich über

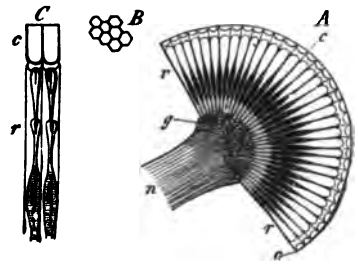


Fig. 285.

A Längsschnitt durch ein zusammengesetztes Gliedfüßler-Auge. c Facettirte Hornhaut, bei welcher jede Facette eine Linse bildet. n Sehnerv. g Nervenknoten desselben. r Aus ihm hervortretende Krystallstäbchen. B Hornhaut-Facetten von oben gesehen. C Krystallstäbchen mit den dazu gehörigen Linsen-Facetten (c) aus einem Käferauge.

dasjenige der Ringelwürmer (Fig. 155) und wenn Lubbock gesagt hat, das stecknadelkopfgroße Gehirn der Ameisen reihe sich in seiner Leistungsfähigkeit nahe dem menschlichen an, so liegt darin ein gut Theil Ueberschätzung der geistigen Fähigkeiten dieser Thiere, auf die wir in einem besondern Kapitel zurückkommen werden.

Gehen wir nun zu der durch fossile Funde verbürgten Geschichte der Insekten über, so haben wir mit der Feststellung zu beginnen, daß die älteste aller bisher gefundenen Spuren ein abgerissener Flügel aus dem mittleren Silur von Jurques in Calvados ist, der nach einer gewissen Aderungsähnlichkeit mit dem Flügel einer Schabe (Blatta) von Brongniart Palaeoblattina Douvillei getauft wurde, ohne daß dadurch etwas Sicheres über seine Zugehörigkeit zu den Schaben gesagt werden soll. Seine einzige Bedeutung ruht in der Bestätigung der schon aus andern Thatsachen, namentlich der Mannigfaltigkeit der Steinkohleninsekten zu erschließenden Wahrscheinlichkeit, daß die geflügelten Insekten damals schon lange vorhanden waren, und daß also der Silur-Skorpion (S. 405) schon geflügelte Gliederthiere zu Zeitgenossen gehabt hat. Die nächstältesten Insektenspuren wurden in devonischen Schichten Neubraunschweigs entdeckt und meist von Samuel Scudder beschrieben. Es sind Thiere, die allem Anscheine nach größtentheils zu den sogenannten falschen Netzflüglern (Pseudoneuroptera) gehören, die man früher mit den eigentlichen Netzflüglern (Neuroptera) zusammenwarf. Später erkannte man, daß sie vielmehr in die unterste Stufe der Geradflügler (Orthoptera) gehören, welche sich, wenn man sie in bedeutend erweitertem Sinne faßt, als älteste Insektenklasse zu erkennen giebt. Diese devonischen Kerfe sind aber meist sehr mangelhaft erhalten, so daß sie nur wenig sichere Schlüsse erlauben, obwohl die schon erwähnten, viel besser erhaltenen Steinkohlen-Insekten von Commentry im Allgemeinen die Richtigkeit des Schlusses bestätigten, daß alle diese ältesten Insekten den Falsch-Netzflüglern nahe standen.

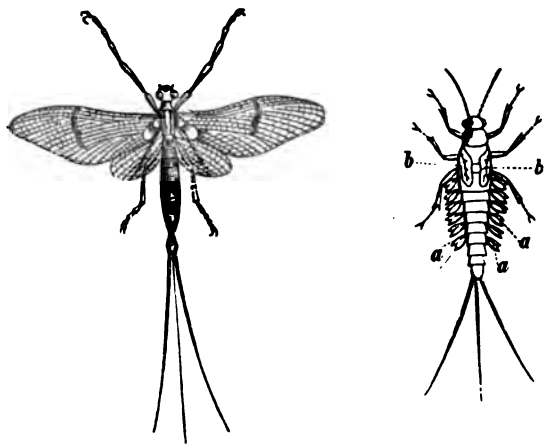


Fig. 286.
Gemeine Eintagsfliege (Ephemera) nebst Larve. a Sechs Paar seitliche, zugleich als Ruderflossen dienende Tracheenkiemen, wie sie die Urinsekten häufig besessen zu haben scheinen. b b Flügelkeime.

Schon die vergleichenden Untersuchungen Gegenbaurs hatten auf

die Wahrscheinlichkeit geführt, daß die darnach so genannten Urflügler (Archiptern), zu denen die Eintagsfliegen oder Ephemeren (Fig. 286) gehören, der ausgestorbenen gemeinsamen Urform der geflügelten Insekten in der heutigen Lebewelt am nächsten stehen müßten. Sie können als die am wenigsten veränderten Nachkommen jener Patriarchen der geflügelten Schaar gelten und machen alljährlich im Hochsommer Jedem, der's sehen will, das uralte Experiment vor, wie das einem sechsfüßigen Ringelwurme gleichende Urthier vor undenklichen Zeiten zum ersten Male an's Land kroch und anfing, seine äußerlich hervortretenden Kiemen-Anhänge, wie sie viele Ringelwürmer, Krebse und Insektenlarven noch heute aufweisen, zur Luftathmung umzugestalten. Im Jahre 1848 beschrieb Newport einen bis dahin anscheinend übersehenen Falsch-Netzflügler Nordamerikas (Pteronarcys regalis), welcher diese seinen Verwandten bei der letzten Häutung abfallenden Außentracheen in das Flugleben hinüberrettet, so daß er seine amphibische Lebensweise auch nach dem Auswachsen der Flügel fortsetzen kann. Damit diese Athmungs-Anhänge in der Luft aber nicht sogleich austrocknen, ist jeder mit einem durchlöcherten Häutchen umkleidet.

Fig. 287.
Corydaloides Scudderi Brongn. Steinkohle von Commentry.

Ebensolche ausdauernde Kiemen-Tracheen findet man nun bei gewissen falschen Netzflüglern der Steinkohlenzeit z. B. bei der Gattung Corydaloides (Fig. 287) und sie waren damals wahrscheinlich noch viel verbreiteter, als in der Jetztwelt, worin sie sich nur noch bei einer einzigen Art erhalten haben. Diese Corydaloides-Arten der Steinkohlenzeit waren Thiere, deren Flügelspannung die der Abbildung noch übertraf und während unsre heutigen Eintagsfliegen höchstens fünf Centimeter Flügelspannung erreichen, haben Scudder und Brongniart verwandte Devon- und Steinkohlenformen beschrieben, deren Flügelspannung 10 bis 50 Centimeter erreichte. Das Flügelnetzgeäder fällt in Folge dessen viel weniger eng aus und darauf spielt der von Brongniart einer Sippschaft beigelegte Namen der Großzeller (Megasecopteriden) an. Manche dieser alten Geradflügler nähern sich auch den Wasserjungfern (Odonaten) und man ersieht aus alledem, daß unter ihnen solche auch noch heute lebenden Kerfe

mit amphibischer Lebensweise, deren Larven Wasserbewohner sind, in der Mehrzahl waren. Es wurde schon erwähnt, daß einige Zoologen geglaubt haben, die Flügel der Insekten von einer Umbildung der vordersten dieser blattartigen Wasserkiemen ableiten zu können, die bei den Apteroten ganz fehlen. Auch wurde hervorgehoben, daß unter den Steinkohlen-Tausendfüßlern amphibisch lebende vorkamen.

Unsere heute lebende Eintagsfliege entschlüpft, nachdem sie im Larvenzustande Jahre lang im Wasser gelebt hat, an einem Augustmorgen der Nymphenhaut, steigt, nachdem sie sich noch einmal umgekleidet, fröhlich in die Lüfte, feiert in lustigem Gewühle ihre Hochzeit, um schon nach wenigen Stunden, ohne Nahrung zu sich genommen zu haben, ihr Dasein zu endigen. Man könnte darnach schließen, sie sei ein Kind der Zeit, in welcher es außerhalb des Wassers nur erst sparsame Nahrung gab. Wenn wir ein Beispiel suchen, zur Vergleichung der Kürze unseres Daseins mit der Ewigkeit, so erinnern wir uns dieser Eintagsfliege, ohne vielleicht daran zu denken, daß ihre Art und Sippschaft auf eine ganz andere Ewigkeit zurückblicken kann, als der Mensch und die gesammte höhere Thierwelt. Die Verwandten der Eintagsfliege stiegen bereits über den Sümpfen der devonischen Zeiten und der Steinkohlen-Wälder empor, und sie erprobten vielleicht die ältesten Schwingen, die dem Gewürm gewachsen waren, denn auch jenes oben erwähnte Silur-Insekt dürfte dem Kreise der Urflügler näher gestanden haben, als den Schaben.

Als man zuerst die Aehnlichkeit verschiedener paläozoischer Kerfe mit Eintagsfliegen, Netzflüglern, Geradflüglern und Gleichflüglern gewahrte, hielt man sie für viel weiter gehend als sie ist und meinte mit den Bezeichnungen Ur-Eintagsfliegen, Ur-Netzflügler, Ur-Geradflügler, Ur-Gleichflügler mehr den zeitlichen als einen morphologischen Abstand markiren zu sollen. Aber allmählich hat man herausgefunden, daß diese paläozoischen Familien theilweise unter sich näher verwandt waren, als mit den heutelebenden, nach denen man sie benannt hatte, daß sie aber in gewissem Grade alle gegen die Urflügler (Archiptern) oder Ur-Eintagsfliegen (Protephemeriden) convergirten, weshalb auch bei den Namen dieser Gattungen: Gerephemera, Platephemera, Euephemera u. s. w. die Erinnerung an unsere Eintagsfliegen häufiger als vielleicht gerechtfertigt wachgerufen wird. Denn manche davon standen den Perlfliegen und Libellen wohl näher oder gehörten den völlig ausgestorbenen Gruppen der Breitflügler (Platypteriden), Feinnetzer (Stenodictyopteriden) u. s. w. an. Sie unterscheiden sich meist von den entsprechenden lebenden Vertretern durch weniger vollkommene Verschmelzung der drei Brustringe, durch Schwanzstück-Anhängsel und nahezu gleiche Größe der vier Flügel, während z. B. bei den lebenden Eintagsfliegen die Hinterflügel kleiner sind (vgl. Fig. 286). Auch ein gemeinsamer Klassenname, wie Altnetzflügler (Paläodictyoptera) hat sich wegen der merkbaren Sonderrichtungen für die paläozoischen Kerfe nicht einbürgern wollen.

Höchst merkwürdig ist das nicht seltene Auftreten eines dritten oder eigentlich ersten Flügelpaares an der Vorderbrust bei Steinkohlenkerfen der verschiedensten Richtungen, nicht nur bei Falschnetzflüglern wie der großen Homoioptera Woodwardi, sondern auch bei libellenartigen Thieren und Vorläufern von Heuschrecken, wie Lithomantis carbonaria (Fig. 288), woraus Brongniart den Schluß zieht, daß die ersten geflügelten Insekten allgemein wie drei Beinpaare auch drei Flügelpaare besessen, das vorderste Flügelpaar aber früh eingebüßt hätten, so daß es selbst bei Steinkohlen-Insekten stets nur noch im rudimentären Zustande angetroffen wurde. Ein solches erstes Flügelpaar wird bei keinem lebenden Kerf im Imago-Zustande mehr vorgefunden, nur bei gewissen Termiten-Larven will man seine Spuren noch wahrgenommen haben. Gleichwohl hat der von Brongniart auf sehr zahlreiche Belegstücke begründete Schluß auf die Sechsflüglichkeit der Urinsekten viel Wahrscheinliches, denn daß die Vorbrust heute zwar wie Mittel- und Hinterbrust mit Beinen, aber nicht mit Rückenanhängen versehen ist, bildet eine auffällige Unregelmäßigkeit, die nach einer Erklärung verlangte. Auch war dieses erste Flügelpaar schon von früheren Insektenforschern aus organischen Gleichgewichtssätzen abgeleitet worden und man hatte sogar gewisse Seiten-Anhänge der Vorderbrust bei Wanzen- (Tingis-), Fangheuschrecken- (Choeradodis-) und Schmetterlings-Arten als umgebildete Reste eines verschwundenen vordern Flügelpaares gedeutet, lange bevor wirkliche sechsflügliche Insekten aus der Steinkohlenzeit zum Vorschein gekommen waren. Offenbar hat sich aber dieses dritte Flügelpaar als Flugorgan, also in physikalischer Richtung, nicht bewährt und man kann sich auch leicht vorstellen, daß durch die Bewegung von sechs Flügeln kein größerer Nutzeffekt erzielt werden konnte, als durch vier oder zwei entsprechend vergrößerte Flügel, während die Regelung von sechs Flugschaufeln dem Körper eine unnütze Anstrengung aufbürdete. Auch bei unsern vierflüglichen Insekten kommt ein solches Verschwinden eines überflüssigen Flügelpaares sehr häufig vor und das gesammte Reich der Fliegen zeigt bekanntlich an Stelle des zweiten (eigentlich dritten) Flügelpaares nur die sogenannten Schwingkölbchen (Halteres), zwei so winzige Rudimente der ehemaligen Hinterflügel, daß man die ganze

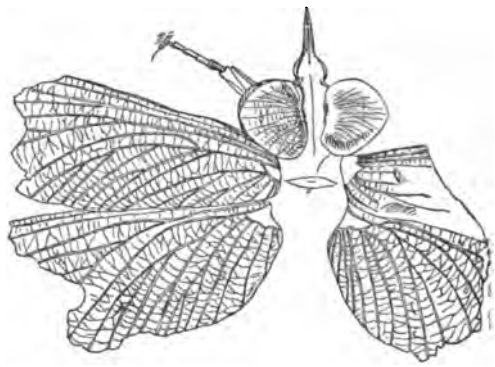


Fig. 288.
Lithomantis carbonaria Woodw. Sechsflügliches Insekt der schottischen Steinkohlenschichten. 2/3 n. Gr.

Ordnung als diejenige der Zweiflügler (Diptera) bezeichnet. Die Rudimente des ersten Flügelpaares bei Steinkohlen-Insekten, wie wir sie z. B. bei Lithomantis (Fig. 288), einem großen, wohl mehr zu den Netzflüglern als zu den Fangheuschrecken hinneigenden Insekt, vor uns sehen, erinnern stark an die Erscheinung des rückgebildeten vordern (also zweiten) Flügelpaares bei den Männchen gewisser lebender Gespenstheuschrecken (Phasmiden), deren Weibchen gänzlich flügellos sind. Bei diesen Stabheuschrecken sieht das zweite verkümmerte Flügelpaar ebenso frappant blatt-

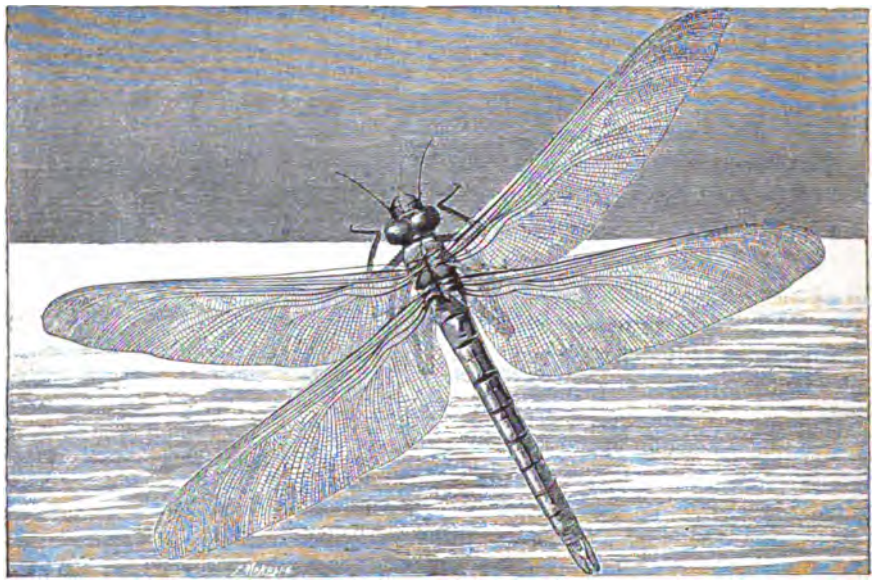


Fig. 289.
Meganeura Monyi Brongn. In weniger als 1/6 der natürlichen Größe restaurirt. Nach „La Nature."

artig aus, wie das erste der Steinkohlen-Insekten, die demnach auf vorkarbonische Sechsflügler mit vollentwickeltem ersten Flügelpaar schließen lassen.

Allem Anscheine nach trugen die Falschnetzflügler des Steinkohlenwaldes oft einen sehr lebhaften Farbenschmuck. Bei vielen von ihnen, z. B. auf den Flügeln der unsern Tagfaltern an Größe etwa gleichkommenden Lamptroptilia Grand' Euryi erkennt man noch auf der Steinplatte lebhafte Ringzeichnungen und auf den Flügeln einer unserem Atlas-Spinner an Größe nicht nachstehenden Platypteride sieht man im engen Netzwerk der Vorderflügel zwei Reihen großer „Fenster", d. h. adernetzfreier Stellen, die wahrscheinlich durchsichtig waren. Bedenkt man, mit welch' herrlich irisirenden Metallfarben und Zeichnungen die florartigen Flügel

vieler Wasserjungfern und Libellen unsrer Tage geschmückt sind, so kann man den blumenlosen Steinkohlen-Sumpf und -Wald von einem Geschwirr schimmernder Sylphen bedeckt und durchgaukelt denken, die theilweise unsere Libellen und Schmetterlinge an Größe wie an Farbenpracht übertroffen haben mögen.

Unter den **Ur-Libellen** (**Protodonaten**) der Steinkohlensümpfe gab es in der That Arten, die wie die hier (Fig. 289) sehr verkleinert wiedergegebene, alle heute lebenden Insekten an Flügelweite (die gegen 70 Centimeter betrug) übertrafen, denn obwohl es heute in den warmen Ländern einige sehr große Tagfalter, Eulen, Spinner, Libellen und Heuschrecken giebt, erreicht keines dieser Thiere auch nur annähernd eine ähnliche Flügelspannung. Diese Meganeuren, von denen mehrere Arten gefunden wurden, waren von unsern heutigen Libellen sehr verschieden. Sie besaßen einen dicken Kopf mit enormen Kieferzangen, die auf dem innern Rande mit den scharfen Zähnen ausgerüstet waren, welche der Gruppe ihren Namen (**Odonata**, die Gezähnten) gaben und die Räuber-Natur dieser farbespielenden Sippschaft verrathen. Die Augen sind sehr groß und rund hervorspringend, das Vorderbruststück sehr kurz wie bei den heutigen Libellen, die Mittel- und Hinterbrustringe einander gleich und deutlich von einander gesondert, ein schon erwähnter Allgemein-Charakter der ältesten Insekten, den man bei den heutigen Libellen nicht mehr findet, während die Flügeladerung sich weniger verändert hat. Ein schon 1882 gefundenes Steinkohlen-Insekt mit 28 cm langem Hinterleib, welches man eben dieser ungewöhnlichen Ausdehnung wegen als **Titanophasma Fayoli** unter die Stab- oder Gespenstheuschrecken, als den einzigen Kerfen, die heute so langgestreckte Hinterleiber besitzen, versetzt hatte, entpuppte sich bei genauerer Betrachtung ebenfalls als eine der Riesenlibellen jener Tage, die als die Tyrannen des damaligen Luftreiches betrachtet werden müssen und den Namen der Drachenfliegen (**Dragonflies**), den man den lebenden in England beilegt, mehr verdienen würden als diese, die ihn nur wegen des smaragdgrün und azurblau gefleckten Hinterleibes einiger großen heutigen Arten erhielten. Ueber die stagnirenden Gewässer der Lias-Inseln schwebten bereits stark veränderte, den heute lebenden Libellen viel näherstehende Formen

Fig. 290.
Libelle aus dem Liasschiefer von Solenhofen.

(Fig. 290) dahin. Wenn wir auf manchen Platten des Solenhofer Juraschiefers Hunderte ihrer Larven nebeneinander eingebettet erblicken, müssen wir uns die warme Luft jener Tage in dichten Schaaren von ihnen durchgaukelt denken. Sie sind aber trotz ihrer ätherischen, in allen Farben des Regenbogen schimmernden Formen, die gefräßigen Raub-Insekten geblieben, die pfeilschnell über das Wasser, in welchem ihre Larven ebenfalls vom Raube leben, dahinschießen.

Die Termiten des Steinkohlenwaldes waren den Urflüglern und Urschaben noch recht ähnliche Wesen, die noch nicht die Formen-Mannigfaltigkeit, die geselligen Tugenden und die Instinkte entfaltet hatten, durch die sie sich heute fast den Ameisen an die Seite stellen. Oswald Heer glaubte auch in dem Treiben unserer heutigen Termiten, Schaben und Schnarrheuschrecken, die den menschlichen Wohnungen ihre unerwünschten Besuche abstatten, eine Menge vorweltlicher Züge bemerkt zu haben. Es sind durchaus nächtliche Thiere, die sich in unseren Zonen als Kinder einer wärmeren, schattigen Welt fast nur noch unter dem unfreiwilligen Schutze des Menschen forterhalten. Vergeblich suchen sie die Wärme und Gemüthlichkeit der alten Zeiten im kalten Europa; das Heimchen, welches den warmen Herd aufsucht, der Kakerlak, welcher sich am Backofen einmiethet, sie fühlen nur zu wohl, daß sie Kinder einer wärmeren Sonne sind. Darauf deutet auch hin, daß diese Thiere keinen eigentlichen Puppenzustand besitzen, in welchem sie sonst am besten die kältere Jahreszeit überdauern; die älteren Insekten laufen fast während ihrer gesammten Entwicklung umher und fressen zu allen Zeiten ihres Daseins. Sie sind in der Nahrung seit ihrer frühesten Jugend, wo es noch wenig Auswahl im Gemüse gab, keineswegs verwöhnt und fressen daher so ziemlich alles, was ihnen vorkömmt, und ebensowenig scheinen sie gegen schlechte Luft empfindlich zu sein; man bemüht sich daher oft vergeblich, sie todtzuräuchern, hat doch die Stickluft des Steinkohlenwaldes ihre Wiege umspült!

Erst später traten unter den Termiten dann Arten auf, die größer als alle lebenden waren, z. B. Hagens Termes heros aus dem Juraschiefer von Solenhofen, Heers Termes spectabilis und Termes insignis aus der Schweizer Molasse, mit denen sich die gefürchtetsten lebenden Arten der Tropen, wie z. B. Termes fatalis, nicht messen können. Auffallender Weise hat man auch unter den jüngeren fossilen Termiten, von denen im Bernstein mehr als 150 wohlerhaltene Arten unterschieden wurden, niemals sogenannte Soldaten gefunden, d. h. die sehr eigenthümlichen Formen, die heute die Vertheidigung der Nester übernehmen und oft gestaltlich von den Arbeitern sehr abweichen, z. B. durch stärkere Mundzangen und große Rüssel (die sogenannten Nasen- und Einhorn-Termiten). Man muß das wahrscheinlich so erklären, daß die Soldaten weniger Gelegenheit hatten als die Arbeiter, in die flüssigen Harzmassen hineinzugerathen, möglich ist aber auch, daß die gesellschaftlichen Instinkte,

von denen man in den letzten Jahren entdeckt hat, daß sie wie bei den Ameisen, bis zur Gemüsezucht und Anlage von Pilzgärten gehen, erst in jüngerer Zeit erworben wären. In der That sind auch die oft sehr künstlichen Nester, welche die heutigen Termiten aus meist recht hartem Material erbauen, nur selten oder gar nicht in fossilem Zustande gefunden worden.

Wir kommen nun zu den Geradflüglern (Orthopteren) im engeren Sinne, die früher nur die heuschreckenartigen Thiere umfaßten und erst in neuerer Zeit mit den ihnen sehr nahestehenden Urflüglern und Pseudoneuropteren vereinigt worden sind. Was in der Steinkohlenzeit von Vorgängern unserer Schaben und Kakerlaken, Laub- und Raubheuschrecken vorhanden war, glich auch äußerlich, infolge der damals noch unverdickten, durchscheinenden Vorderflügel, die jetzt zu Flügeldecken geworden sind, den Urflüglern mehr als die heutigen. Man theilt die Schrecken nach ihrer bevorzugten Bewegungsart einfach in Laufende (Cursoria), wozu Schaben und Ohrwürmer gehören, Schreitende (Gressoria), wozu die Raub- und Gespenstheuschrecken zählen, und Springende (Saltatoria), die an den verdickten Hinterschenkeln kenntlich sind, wozu Laubheuschrecken, Feldheuschrecken und Maulwurfsgrillen gerechnet werden.

Von den Schaben (Blattiden) wurde bereits oben eine angebliche devonische, vielleicht hierhergehörige Art erwähnt, aber die Steinkohlenschaben von Commentry sind viel besser erhalten und lassen leicht erkennen, daß sie wesentlich anders organisirt waren, als ihre heute lebenden Nachkommen. Die Weibchen der letzteren legen bekanntlich ihre Eier in harten Kapseln mit 30 bis 50 darin eingeschlossenen Eiern ab und bedürfen daher keiner eigentlichen Legeröhre, wie sie viele Geradflügler und andere Insekten, welche ihre Eier einzeln in die Erde, in Pflanzentheile und lebende Thierleiber befördern müssen, besitzen. Dagegen lassen die Weibchen der Steinkohlenschaben eine lange Legeröhre — oft so lang wie der gesammte Hinterleib — erkennen, und wir entnehmen daraus, daß sie ihre Eier einzeln dem Erdboden, den Rissen der Bäume u. s. w. anvertraut haben. Die heutigen Schaben haben sich also in diesem, wie wahrscheinlich noch in vielen anderen Punkten ihrer Lebensweise und ihrer Organisation stark verändert. Die Zahl der zu Commentry gefundenen Arten ist ziemlich bedeutend und von anderen Fundorten hatte bereits Scudder eine beträchtliche Artenzahl beschrieben, so daß bereits 15 Gattungen dafür aufgestellt werden mußten.

Die Altschrecken (Paläakridier), welche wir als die Ahnen unserer Feld- und Wanderheuschrecken betrachten müssen, erschienen zur Steinkohlenzeit in kräftigeren Gestalten als die Laubheuschrecken; sie waren mit starken Kauwerkzeugen versehen, da sie das härtere Laub der Farnwälder zu verarbeiten hatten und besaßen damals ebenso lange Fühler, wie die Urlaubheuschrecken (Protolokustiden), während jetzt die verkürzten Fühler als Familien-Kennzeichen zur Unterscheidung von den langfühlerig geblie-

benen Lokustiden dienen. Die langen und schmalen Flügel waren unter sich in beiden Paaren ähnlich, ihre Nerven verliefen noch weniger verästelt parallel, und waren durch feine unverästelte Queräderchen verbunden, während sie bei unseren Feldheuschrecken ein dichtes Netz bilden, wie schon damals bei den Ur-Laubheuschrecken. Diese waren den heutigen Arten schon ähnlicher, da sie, wie eben erwähnt, die langen Fühler und die Netzaderung bereits besaßen. Doch unterschieden sie sich durch die Gleichheit und das Freibleiben der drei Brustringe, und ihre Hinterflügel falteten sich noch nicht fächerförmig unter verdickten Vorderflügeln zusammen, wie wir dies heute bei ihnen wahrnehmen; beide Flügelpaare unterschieden sich in ihrer Textur viel weniger als bei ihren Nachkommen, welche dicke, lederartige schmale Vorderflügel als Flügeldecken, und zarte breite Hinterflügel bekommen haben, welche die Hauptflugorgane darstellen.

Es ist lehrreich, die erstaunliche Kieferausbildung und darnach wohl ohne weiteres vorauszusetzende Gefräßigkeit dieser Thiere mit einer Pflanzenwelt zu vergleichen, die trotz üppigsten Aufsprossens, blüthenlos, noch keine verarbeiteten Säfte und Zuckerstoffe ausschied und vorzugsweise hartes, lederartiges Laub darbot, wie es die verwöhnten Insekten unserer Zeit kaum noch fressen mögen. Ungeheure Massen mußten verhältnißmäßig von diesen zähen Faserstoffen des Holzes und der Blätter zermalmt werden, um selbst kleinen Thieren den erforderlichen Nahrungsstoff zu bieten. Sie brauchten ihr starkes Gebiß und mochten ihr gutes Auskommen haben in jener Welt des Holz- und Laub-Ueberflusses, diese Termiten, Schaben und Heuschrecken der Steinkohlenzeit. Gewiß war dort viel krankes und abgestorbenes Holz wegzuschaffen und in Moder zu verwandeln, der nachwachsenden Pflanzengenerationen zu Gute kam. Jetzt wäre das nicht mehr so nöthig, und die vorweltliche Gefräßigkeit dieser kleinen Thiere gereicht uns oft wahrhaft zum Schaden und Schrecken. Sie begnügen sich nicht, unsere Felder und Culturwälder zu verwüsten; sie greifen das Holz unserer Wohnungen an, verzehren unsere Speisevorräthe und schonen nicht einmal unsere Kleider, wie es einst Bory de Saint-Vincent erfuhr, als ihm der surinam'sche Kakerlak während des Abendessens, welches er bei dem Gouverneur von St. Helena einnahm, die Sohlen seiner neuen Stiefeln zerfressen hatte.

Doch horch, trotz der Windstille, welche die Zweige der Schafthalmbäume ruhen läßt, ein musikalischer Ton, der durch die Lüfte zittert! Es ist zwar keine seelenvolle Melodie, die aus froher Kehle erschallt, nichts als eintönige Streichmusik, trockner aneinander geriebener Membranen, ein schriller Ton ohne Modulation, aber doch von metallartigem Klange, und vor allem ein Lied der Sehnsucht nach der Geliebten, das erste Ständchen der Natur. Schon in den devonischen Schichten von Neu-Braunschweig hat Scudder ein zwischen Netzflüglern und Geradflüglern in der Mitte stehendes Insekt (Xenoneura antiquorum Fig. 291) gefunden, welches den Tonapparat der Heuschrecken, nämlich concentrische Ringe oder Runzeln um die Flügel-

basis besessen zu haben scheint. Sollten diese Grillen, Heuschrecken und Heimchen des Steinkohlendickichts die Erfindung der Geige, den Tönen jener rauhen auf einander geriebenen Zweige der Baumschafthalme entlehnt haben? Jedenfalls war es eine eintönige Begleitung des singenden Säuselns jener Wälder, und es wäre so gar schwer nicht, die Tonhöhe der vorweltlichen Insekten-Musik zu bestimmen. Wie schon Galilei beobachtete, bringt ein Piasterstück mit fünfundvierzig Randkerben beim Reiben auf einem Messer einen um eine Quinte höhern Ton hervor, als ein solches mit dreißig Einschnitten, und ebenso kann man nach der Zahl der Rippen jener Schrillorgane vorweltlicher Thiere ihren Lockton bestimmen. Wer dies wissend, im Frühling die Grillen und Heimchen zum ersten Male vernimmt, mag mit einer vermehrten Antheilnahme, dem eintönigen Concerte lauschen. Denn mit derselben Musik zog einst die junge Brut der Lüfte in die Welt ein, und in unserem Ohre klingt heut das uralte Thema einer vorweltlichen Natursymphonie wieder. Diese Patriarchen der Musik, insbesondere der Familie der Geradflügler angehörend, beginnen jetzt ihre Concerte mit anbrechendem Abend. Das Licht des Mittags, an welches sie sich nicht gewöhnt haben, scheucht sie in ihre dunklen Schlupfwinkel unter Blättern und Erdschollen, aber in der sich niedersenkenden Dämmerung erkennen sie gleichsam den wohligen Schatten der Farnwälder und Bärlappdickichte ihres Ursein wieder. Bei Musikliebhabern setzt man ein geschultes Ohr voraus und neuere Naturforscher, Leydig, Siebold und Ranke, haben darauf hin die Gehörsorgane dieser ersten Musikanten untersucht. Sie konnten schon in dem Kreise der lebenden Heuschrecken eine Fortbildung des Insektenohres nachweisen. Bei den Feldheuschrecken, welche nur schnarrende Töne mit ermüdender Ausdauer hervorbringen, fanden sie, der Erwartung entsprechend, einen einfacheren, aus gleich langen Schwingstäbchen gebildeten Apparat, der nur eine einfache Tonempfindung vermitteln kann, während die Laubheuschrecken, die mehrere und musikalischere Töne erzeugen, auch ein zusammengesetzteres Gehörsorgan mit ungleich langen Schwingstäbchen am Trommelfell aufweisen.

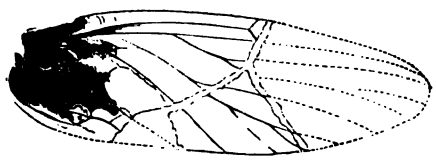
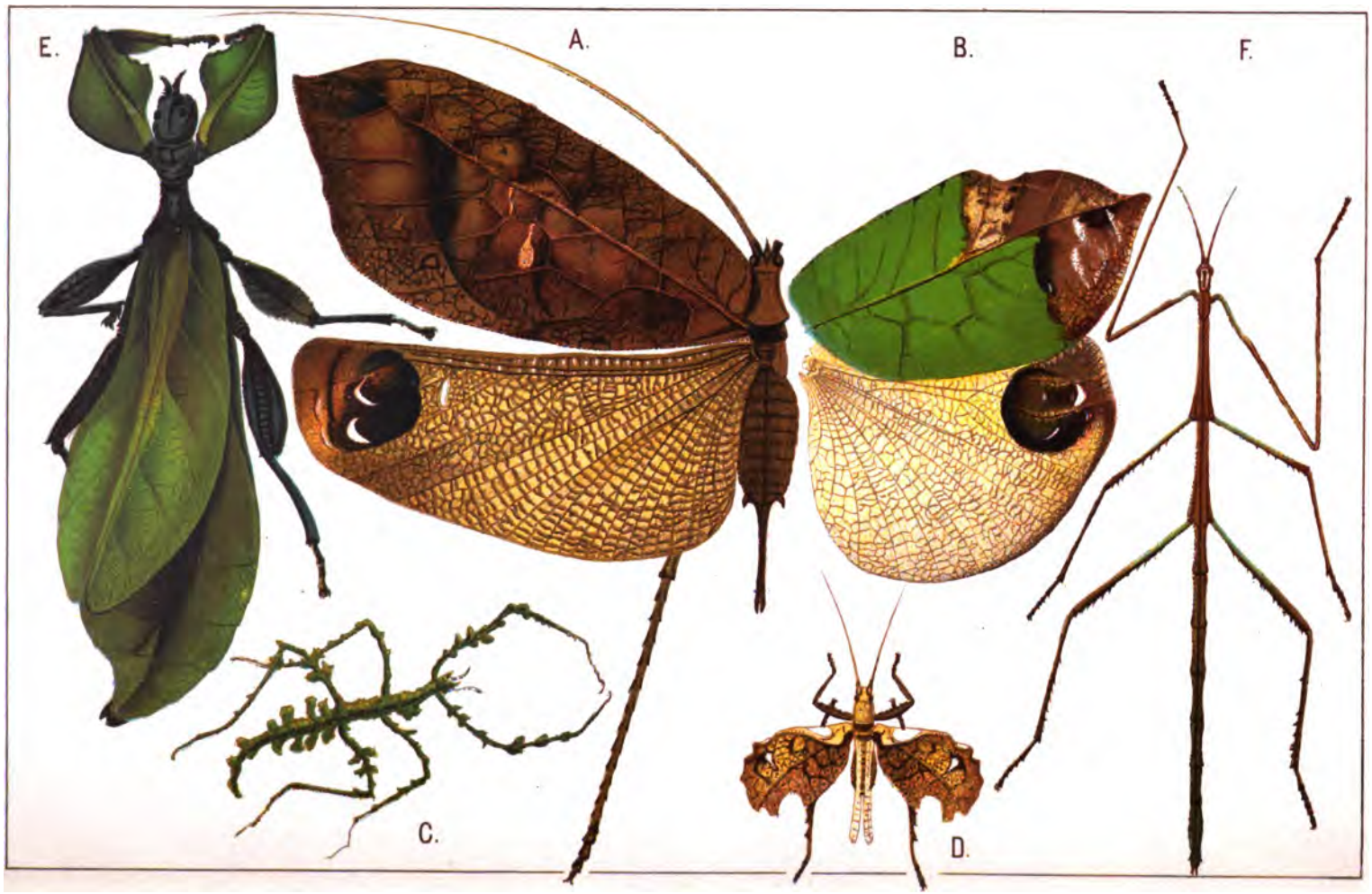


Fig. 291.
Xenoneura antiquorum Scudd.
Devon von Neu-Braunschweig. 3/1.

Eine Geradflügler-Familie der Steinkohlenzeit, welche von den Altschrecken und Ur-Laubheuschrecken einen Uebergang zu den alten Formen der Gespenst-Heuschrecken (Protophasmiden) zu bilden und auch manche Charaktere der Raubheuschrecken (Protomantiden) damit zu vereinen scheint, also eine jener alten „synthetischen" Gruppen, die später auf verschiedene Erben zersplitterte Charakter-Eigenthümlichkeiten noch vereinten, glaubte Brongniart in seiner Hadrobrachypoden zu erkennen, die

ihren Namen nach den kürzeren und kräftigen Beinen empfingen. Ihre Angehörigen sind in den Steinkohlenschichten Frankreichs und Nordamerikas verbreitet. In ähnlicher Weise hatte Scudder in seinen Dictyoneuren die Eigenthümlichkeiten von Urflüglern, Netzflüglern und Geradflüglern (im engeren Sinne), namentlich von termitenähnlichen Thieren, vermischt gefunden. Vertreter der Ur-Gespenstheuschrecken (Protophasmiden) langbeinige, langsam schreitende Pflanzenfresser, die vielleicht den Springheuschrecken etwas vorausgingen, sind aus der Commentry-Zeit schon in vier Gattungen gefunden worden. Mit Ausnahme der wandelnden Blätter (Phyllium-Arten), von denen wir alsbald sprechen, sind die heute lebenden Phasmiden meist stabartig starre, handlang und darüber gestreckte, auf sechs hohen Beinen gerippe- oder gespenstartig schleichende Insekten, die entweder gar keine Flügel besitzen (bei den Gattungen Bacillus und Bacterium), oder doch nur die Hinterflügel, namentlich bei den Männchen noch einigermaßen entwickelt zeigen, während die Vorderflügel, d. h. die Flügel des Mittelbruströinges zu bloßen blattartigen Schuppen verkümmert sind, die den Vorderbrustflügeln der Steinkohlen-Insekten (Fig. 288) gleichen. Auch das hinterste Paar ist kaum genügend entwickelt, um den massigen, oft 30 Centimeter Länge erreichenden Körper für längere Zeit in die Lüfte zu erheben. Sie erinnern darum an die lediglich symbolischen Flügelchen, mit denen die alten Künstler ihre Flügelschlangen und Amoretten darstellten, bis sie bei den eigentlichen Stabheuschrecken ganz verschwanden. Ein Witzling könnte über die Mutter Natur spotten, die manchen Phasmiden solche unzulänglichen Flügel wachsen ließ, aber die Ur-Phasmiden des Steinkohlenwaldes lehren uns, daß jene Miniaturflügel nur verkleinerte Reste, gleichsam Erinnerungen an zwei bei den Ahnen groß entwickelte Flügelpaare sind, die der zweite und dritte Brustring trug, während das erste Flügelpaar bei ihnen bereits völlig verschwunden war. Diese großen Flügel der Ur-Phasmiden waren mit dunkleren und helleren Streifen, z. B. bei Protophasma Dumasii verziert, die im Leben wahrscheinlich farbig schimmerten.

Die Raubheuschrecken oder Mantiden, welche in Gestalt der Gottesanbeterin (Mantis religiosa) — sogenannt nach ihren zu fürchterlich bestachelten Fangarmen umgebildeten Vorderbeinen, die sie in der Ruhe, vor der tödtlichen Umarmung, wie fromme Beterinnen zum Himmel erheben — bis Mitteldeutschland vom Süden her vordringen, waren ebenfalls schon in der Steinkohlenzeit durch mannigfache Gattungen vertreten, bei denen indessen die Vorderfüße noch nicht zu jenen den Armen der sog. „eisernen Jungfrauen" gleichenden Mordwerkzeugen umgebildet waren. Neben den Protomantiden hat Brongniart auch schon eine Urgrille oder Grabheuschrecke (Protogryllacris) beschrieben, so daß mit Ausnahme der Fächerflügler (Forficularien), zu denen unsere erst aus der Lias- und Tertiärzeit bekannten Ohrwürmer gehören, sämmtliche Hauptabtheilungen der Geradflügler oder Heuschrecken in, wenn auch mit-



Blatt-, Zweig- und Moos-Heuschrecken.

unter noch etwas undeutlichen und unentschiedenen Anfängen schon in der Steinkohlenzeit vorhanden waren. Die Orthopteren im weiteren Sinne bilden daher so recht eigentlich die Hauptmannschaft der paläozoischen Insekten.

Bei den Heuschrecken der verschiedenen Abtheilungen hat das Bedürfniß, sich im Laube zu verstecken, theils um von seinen Feinden nicht leicht gesehen zu werden, theils auch um die Beute bequemer zu überschleichen, manche sehr seltsame Verkleidungen erzeugt, von denen einige der merkwürdigsten auf der beigehefteten Tafel: „Blatt-, Zweig- und Moos-Heuschrecken" dargestellt wurden, weil sie zu den besten Erläuterungen der Wirkungen des Kampfes um's Dasein gehören. Bei dem wandelnden Blatt (Phyllium siccifolium, Figur E) haben Flügel, Hinterleib und selbst ein Theil der Beine grüne Farben und blattartige Formen gewonnen, die das Thier im Laube ganz unkenntlich machen. Unter den Stabheuschrecken giebt es viele Arten, die, wie der hier abgebildete (Bacillus Mozambicus (F), im erwachsenen Zustand jede Spur von Flügeln verloren haben, und dann gänzlich grünen, gelben, grauen oder braunen Zweigen gleichen, um so mehr, da sie die langen Beine unsymmetrisch bewegen. Auch die Larven bedürfen solcher schützenden Aehnlichkeiten, wie die von Th. Belt in Nicaragua beobachtete moosartige Larve einer Phasma-Art (Fig. C) beweist. Am weitesten gehen diese Nachahmungen von Pflanzentheilen in den für gewöhnlich zusammengelegten Vorderflügeln einer Laubheuschrecken-Gattung (Pterochroza) von der drei Arten (A, B, D) in der Mitte unserer Tafel dargestellt sind. Diese Oberflügel gleichen noch viel täuschender, als es in unserem Farbendruck wiedergegeben werden konnte, theils grünen, am Rande verwelkten, theils herbstrothen, mit Schimmelpilzen bedeckten und von Minirraupen angefressenen Blättern, wie sie jedes laubfressende Thier verschmähen würde. Bei der kleinen Pterochroza erosa (D) haben sie auf das täuschendste das Ansehen eines vollkommen skelettirten und zerfressenen vorjährigen Blattes angenommen. Für das Thier bleibt es natürlich die Hauptsache, von Insekten fressenden Wirbelthieren übersehen zu werden. Die Mantiden kleiden sich häufig in die rothe, blaue oder gelbe Farbe der Blüthenköpfe, auf denen sitzend, sie auf Raub lauern.

Ein andres, bei den Heuschrecken besonders gut ausgebildetes Mittel, Gefahren zu entgehen, besteht in der Leichtigkeit, mit der sie gefährdete Beine fallen lassen können, weil ihnen dieselben leicht wieder wachsen (vgl. S. 160). Wie bei den Krebsen findet sich dicht an der Hüfte zwischen Schenkelring und Schenkel eine spröde Stelle, die durch eine kleine Furche angedeutet ist, in welcher das Bein, bei einer Pressung oder Reizung durch einen automatischen Muskelkrampf sogleich abbricht. Es scheint nicht, daß diese bei andern Gliederfüßlern nicht bestehende Verwachsung von Schenkelring und Schenkel eine spät erworbene Wohlfahrtseinrichtung ist, um eine Stelle für Autotomie zu schaffen; Bordage glaubt vielmehr diese Bruchstelle

ſchon bei Steinkohlen-Inſekten vorgeſehen zu finden. Uebrigens wachſen nicht alle Beine mit gleicher Leichtigkeit wieder und bei den Sprung-Heuſchrecken ſind die Sprungbeine, bei den Raub-Heuſchrecken die Fangbeine ausgenommen, auch wachſen ſie nur den Larven leichter neu und zwar ſproſſen unter einem die Bruchſtelle bedeckenden Häutchen ſpiralig eingerollte und erſt nach der Häutung frei werdende und ſich ſtreckende Beine hervor, die ſtatt fünf Fußglieder, deren nur vier beſitzen.

Auch unſre Gleichflügler (Homopteren), die zur Ordnung der Halbflügler (Hemipteren) oder Schnabelkerfe gezogen werden und die mannigfachen Zirpen und Cikaden Arten, ſowie die Laternenträger umfaſſen, beſaßen in der Steinkohlenzeit bereits erkennbare Vorgänger. Die Ur-Laternenträger (Protofulgoriden) zeichneten ſich durch einen ſtämmigeren Wuchs, dicken Kopf und große vorſpringende Augen vor ihren Nachkommen aus, ſo daß ſie ſich im Geſammtbilde mehr unſern Cikaden näherten. Während die heutigen Laternenträger nur kurze Fühler beſitzen, erfreuten ſich jene carboniſchen Arten langer Antennen und an einem Stück maßen dieſelben 55 mm. Dagegen waren die Mundorgane kurz und noch nicht zu jenem langen Saugrüſſel umgebildet, wie bei den Nachkommen. In der Flügeladerung kommen ſie derjenigen der lebenden Gattung Phenax am nächſten. Es ſind bisher vier Gattungen ſolcher carboniſchen Laternenträger beſchrieben, zwei Fulgorina-Arten aus Saarbrücken von Goldenberg, die Rhipidiptera- und Dictyocicada-Arten Brongniarts und die amerikaniſche Phtanacoris occidentalis von Scudder, welche ſchon die Halbirung der Vorderflügel zeigt, auf welche ſich der Name Hemipteren (Halbflügler) bezieht. Die Baſalhälfte des Flügels iſt nämlich lederartig dick geworden, während die Spitzenhälfte dünnhäutig blieb. Es ſchließt ſich hier die anziehende Familie der carboniſchen Langſchnäbler (Mecostomata) an, welche zuerſt den Schnabel-

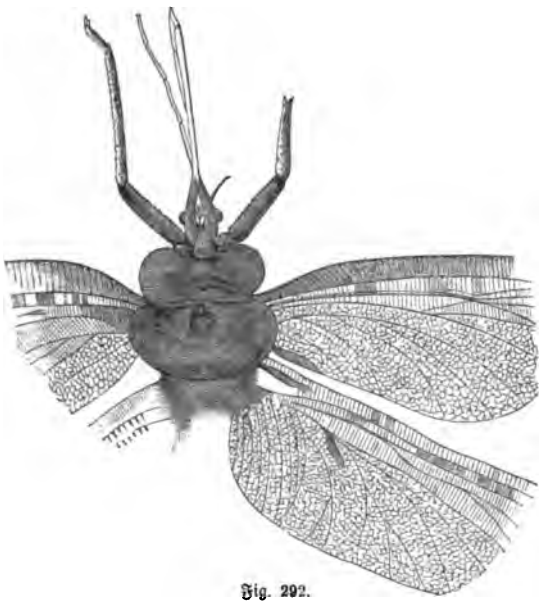


Fig. 292.

Eugereon Böckingi Dohrn. $^3/_4$
Aus dem Todtliegenden von Birkenfeld und in Böhmen.

apparat der Cicaden, Blattläuse und Wanzen mit dem Flügelgeäder der Falschnetzflügler verbunden zeigt. Brongniart hat eine seiner carbonischen Arten (Mecostoma Dohrni) dem Stettiner Entomologen, der schon vor einer Reihe von Jahren einen solchen langbeinigen Schnabelkerf (Eugereon Fig. 292) aus permischen Schichten beschrieben hatte, gewidmet. In den Lias- und Jura-Schichten kommen dann schon Laternenträger, Singcikaden, Blattläuse, gewöhnliche und Wasserwanzen vor, die den heute lebenden immer ähnlicher werden. Die Wanzen sind, nebenbei bemerkt, wohl die einzigen Insekten, von denen sich eine Sippschaft, die Halobatiden oder Meer-Ruderwanzen in das offene Meer hinausgewagt hat, auf dessen Oberfläche sie pfeilschnell umherlaufen.

Werfen wir hier einen Blick zurück auf die drei oder vier Sechsfüßler-Ordnungen, die bisher sicher in paläozoischen Schichten nachgewiesen sind (Flügellose, Falsch-Netzflügler, Geradflügler und Gleichflügler), so tritt uns die lehrreiche Thatsache entgegen, daß unter ihnen eigentliche Netzflügler, Fliegen und Hautflügler (Ameisen, Wespen und Bienen), Käfer und Schmetterlinge noch gänzlich fehlen. Man hat zwar früher einige karbonische Fundstücke auf Käferflügeldecken gedeutet (vgl. Fig. 278) aber wahrscheinlich ganz mit Unrecht, da später keine derartigen Fossile mehr zum Vorschein gekommen sind. Der einzige Grund, der heute noch dafür angeführt werden kann, daß doch vielleicht wenigstens die Anfänge einer Käferwelt vorhanden gewesen sein möchten, liegt in der Auffindung einiger verkohlter Holzstücke, die nach allen Richtungen von Bohrlöchern durchzogen sind, wie sie heute von gewissen Holzkäfer-Larven hervorgebracht werden. Scudder meint, daß solche Urholzkäfer der Steinkohlenzeit ihre Bohrgänge vielleicht überhaupt nicht verlassen haben und daß von der Bewegung im harten Holze möglicher Weise die Erhärtung der Vorderflügel, welche für die Käfer so charakteristisch ist, abzuleiten sei. Aber die Bohrgänge können vielleicht auch von andern Kerflarven herrühren als von unerkannten Urkäfern ohne Flügeldecken.

Dieser Umstand erinnert uns daran, daß für die carbonischen Insekten im Allgemeinen, neben dem Rest des ersten Flügelpaars und der unvollendeten Verschmelzung der drei Brustringe, die gleichartige Beschaffenheit der beiden ihnen verbliebenen Flügelpaare nach Form, Größe und Textur besonders charakteristisch ist. Verdickungen der Vorderflügel, welche bei jüngeren Kerfen (Heuschrecken, Käfern, Wanzen und andern Hemiptern) oft dazu geführt haben, sie als Flugorgane mehr oder weniger außer Gebrauch zu setzen und sie nur noch als Schutzdecken für die den Flug dann allein vermittelnden Hinterflügel zu benützen, waren damals noch nicht, oder nur höchst ausnahmsweis vorhanden, denn solche härteren Kerfflügel müßten sich, wenn vorhanden, doch vorzugsweise erhalten haben. Die Flügel haben sich später immer mehr den Lebensanforderungen entsprechend gewandelt, aus anfänglich sechs sind vier geworden, die bei den Netzflüglern und Falschnetzflüglern, gewissen Zirpen, Hautflüglern und Schmetterlingen alle

vier in Gebrauch blieben, wobei die Vorderflügel in der Ruhe meist die hinteren bedecken. Bei den Fliegen sind die hintern, bei vielen Phasmiden die vordern Flügel verloren gegangen; bei andern sind alle beide Paare verschwunden, Ameisen und Termiten werfen sie nach dem Hochzeitsfluge an einer vorgebildeten Trennungslinie ab. Bei zahlreichen Käfern wachsen die Flügeldecken oder Vorderflügel in der Naht zu einem untrennbaren Panzer zusammen, unter welchem die nun eingeschlossen zur Unthätigkeit verdammten eigentlichen Flügel bald gänzlich verkümmern, aber im Jugendzustande manchmal noch erkennbar bleiben.

Besonders charakteristisch für die ältern, schon in der Karbonzeit vertretenen Kerf-Linien ist, daß sie sämmtlich die für die höheren Insekten charakteristische vollkommene Verwandlung (Metamorphose), die durch die Verpuppung der Larven in Gehäuse und durch die Puppenruhe eingeleitet wird, noch nicht besaßen. Bei den niedern Insekten, zu denen alle karbonischen Kerfe gehören, bleibt das aus dem Ei geschlüpfte Junge bis zu seiner letzten Ausbildung beständig thätig (aktiv); es läuft umher und sucht seine Nahrung, bis ihm nach vielen Häutungen die Flügel wachsen und sein Geschlechtsleben beginnt. Das dem Zustande der Puppe oder Chrysalide bei ihnen entsprechende Entwicklungsstadium wird als Nymphe bezeichnet. Mit dem Auftreten der Puppenruhe, die also nur den jüngern Insekten eigenthümlich ist, vielleicht weil sich vor ihrer Erscheinung kältere Jahreszeiten ausgebildet hatten, scheidet sich die alte und neue Zeit des Kerflebens und Packard schlug daher schon 1863 eine auf diesem Verhalten beruhende Anordnung der Kerfe in zwei übereinanderstehende Abtheilungen vor, die wir in nachfolgender Tabelle zur bessern Vergleichung nebeneinanderstellen, worin die Kerfe mit unvollkommener Verwandlung (Ametabola oder Heterometabola) die ältern und die mit vollkommener Verwandlung (Metabola) die jüngern darstellen:

Ametabola: (Falschnetzflügler, Geradflügler, Gleichflügler)	Metabola: (Netzflügler, Zweiflügler, Hautflügler, Schmetterlinge)
1. Die drei Körperabschnitte (Kopf, Brust, Hinterleib) weniger scharf geschieden.	1. Die drei Körperabschnitte (Kopf, Brust, Hinterleib) schärfer geschieden.
2. Die drei Brustringe wohlgetrennt.	2. Die drei Brustringe mehr verschmolzen.
3. Mund zum Kauen fester Nahrung. Saugmund selten.	3. Mund zur Aufnahme weicher oder flüssiger Nahrung.
4. Vorder- und Hinterflügelpaar ursprünglich einander gleich.	4. Hinterflügel meist kleiner oder fehlend.
5. Larve robust, dem erwachsenen Thiere bereits ähnlich.	5. Larve weich (Made oder Raupe) dem erwachsenen Kerf ganz unähnlich.
6. Chrysalide selten unthätig.	6. Chrysalide meist unthätig.
7. Metamorphose unvollkommen.	7. Metamorphose vollkommen.

In dieser Tabelle sind die Käfer absichtlich übergangen worden, weil sie mancherlei Eigenschaften beider Hauptabtheilungen zeigen; doch neigen sie mehr den Metabolen zu. Bei den Netzflüglern dagegen bewegt sich die Chrysalide und läuft, bevor sie Flügel bekommt. In der Natur trifft man eben überall auf Uebergänge und jede Eintheilung, die mit festen Strichen Grenzen zu ziehen versucht, behält ihre Ausnahmen und Unvollkommenheiten. Im Allgemeinen jedoch trennt die Art der Formausbildung am besten die alten Insekten, von denen wir bisher allein ausführlich gesprochen haben, von den jüngern, zu denen wir nunmehr übergehen. Es sind die Käfer, Netzflügler, Fliegen, Hautflügler und Schmetterlinge.

Von den Käfern (Coleopteren), die aus einer Seitenlinie der alten Geradflügler hervorgegangen sein mögen, erschienen schon am Eingange der Sekundärzeit mit Ausnahme der von Blüthensaft lebenden Käfer, Vertreter aus den meisten übrigen Ordnungen; Holz- und Mooskäfer liefen umher, Prachtkäfer sonnten ihre Flügeldecken, Sprungkäfer, die, auf den Rücken gelegt, sich zur Freude der Jugend hoch emporschnellen, übten schon damals ihre Künste, der Drehkäfer zog auf den Süßwasserflächen, einem geübten Schlittschuhläufer gleich, seine blitzschnellen Kreise; unter seinen Bahnen schwammen in ansehnlicher Größe kräftige Wasserkälbchen. Ja die ersten Blattkäfer zeigten sich bereits, und Dungkäfer deuteten auf das Alter ihrer mit den frühesten Landsäugethieren auftretenden sonderbaren Liebhaberei; sie verrathen beinahe schon früher, als deren Kieferreste zurückreichen, das Dasein ihrer Ernährer. Man möchte sagen, daß die Käfer in dem Reichthum ihrer Arten die Idee der Luftinsekten am vollkommensten ausgeprägt haben. Und zwar hauptsächlich in der Gliederung jenes äußern, aus einer besonderen Hornsubstanz (Chitin) gebildeten Skelettes, welches alle Glieder und Gelenke, sogar die zarten Flügel mit einem Panzer bedeckt. Nirgends sonst ist der Grundplan des Insektenkörpers in einer solchen Strenge durch zahllose Variationen hindurchgeführt, nirgends ist es deutlicher sichtbar, daß die Gliederveränderungen durchweg nur Anpassungen an verschiedene Lebensweisen sind, wie die schaufelartigen Vorderbeine der grabenden Käfer, die Schwimmbeine und der nachenförmige Körperumriß der Schwimmkäfer, die Körper-Abplattung gewisser unter der Rinde der Bäume lebender Käfer, die manchmal fast bis zur Papierdünne geht, die Umbildung der Mundtheile bei Laubfressern, Saftleckern, Blumen- und Raubkäfern, Dung- und Aaskäfern. Andre sind mit Hornauswüchsen am Kopf- und Rückenschild versehen, die theils als Werkzeuge und Waffen, theils als Schmuck wirken. Viele endlich sind mit Prachtfarben geschmückt, namentlich die Cetoniden unter den Blatthornkäfern, die in Gold-, Silber-, Kupfer- und Edelsteinglanz strahlen und die darnach sogenannten Prachtkäfer (Buprestiden). Auf manche besondre Anpassungen der Käfer wird später noch zurückzukommen sein.

Von den Halbflüglern, die in der Jurazeit vielseitiger geworden waren,

zweigten sich vermuthlich die Fliegen oder Zweiflügler (Diptera) ab, Insekten, bei denen sich alle drei Kiefer in Stech- und Saugorgane umgewandelt haben. Die Zweiflügler haben die nur noch als sogenannte Schwingkölbchen angedeuteten Hinterflügel verloren, während manche sogar beide Flügelpaare einbüßten, indem sie sich einer halbparasitischen Lebensweise anpaßten, und nicht wenige von ihnen ihre Jugendzeit im Körper andrer Thiere, wie die Bremsen, oder im faulenden Fleisch, in gährenden Flüssigkeiten u. s. w. verleben. Somit ist das ganze Insektenreich ein fortlaufender Beweis der Umwandlungslehre, die auch in ihrer persönlichen Entwicklung (Metamorphose) zuerst in die Augen fiel und studirt wurde. Noch heute sehen wir die meisten Insekten, auch viele stechenden und saugenden, welche das Dasein einer höheren Pflanzen- und Thierwelt voraussetzen, ihren Lebensgang als kauende, gefräßige Larven beginnen und so durch die nachträgliche, durchgreifende Umbildung ihrer Mundtheile den Beweis ihrer Abstammung immerwährend wiederholen, wie sie andererseits das Forschungsergebniß bestätigen, daß die höheren Pflanzen und namentlich die blühenden, erst viel später erschienen sind. So stützt in der Erdgeschichte eine Beobachtung die andere.

Die Hauptumwälzung im Insektenreiche wurde durch die Erscheinung der Blumen im sekundären und tertiären Zeitalter bewirkt. In den ältesten Zeiten blüheten die Pflanzen, ohne Duft zu verbreiten und ohne glänzende Farben zu entfalten. Aber anstatt der verborgen blühenden Pflanzen der Steinkohlenwälder, der offenblühenden Nadelhölzer, sowie Aehren- und Kätzchenblüthler einer späteren Zeit, die der Wind befruchtete, bedeckten sich im Ausgange der Sekundärzeit die Bäume mit schwellenden Blumen-Knospen, die endlich zitternd aufbrachen und ihren Duft durch die Wälder sandten. Geschäftig eilen die damals einzigen Kinder der Luft, die Insekten, in Schaaren herbei und bewundern als die ersten diese neue Erscheinung. Sie athmen berauscht den göttlichen Duft, sie kosten den Nektarsaft, der sich im Grunde der Blüthe absondert und tragen an Köpfen und Füßen den Blumenstaub wie einen Gruß von der einen zur andern Blüthe. Von jetzt ab brauchen die Blumen nicht mehr auf günstigen Wind zu warten, nicht mehr Unmassen von Blumenstaub zu produciren, um ihn, oft nutzlos dem Zufallswinde anzuvertrauen. Es melden sich sparsamere Vermittler, die wie Amoretten von Blüthe zu Blüthe gehen, und solche Blüthen begünstigen, die sie durch Größe, lebhafte Farben, Düfte und reichliche Nektarabsonderung anziehen. Der dadurch angefachte Wettstreit der Blüthen macht sich bald bemerklich. Der bisher so düstere Wald ist ein Park, die Lichtung ein Blumengarten geworden, um die Erde mit einem bunten Kranze zu umgürten. Dem Fortschritte in der stummen Welt entspricht Schritt für Schritt eine Umwälzung in der summenden der Insekten. Wozu jetzt noch diese zermalmenden Kauwerkzeuge, diese als Sägen und Bohrer arbeitenden Kiefer, deren man für die Zermalmung

des Holzes und der Lederblätter im Steinkohlenwalde allerdings bedurfte? Hier boten sich offen süße und gewürzhafte Blumen- und Fruchtsäfte, zu deren Gewinnung man nur eines Leckorganes, eines Saugrohrs oder eines Rüssels am Munde bedurfte. (Fig. 293.) Bei einem Urflügler oder Netzflügler verwandeln sich das zweite und dritte Kiefernpaar in eine Art Zunge oder Rüssel und es gehen aus den blos kauenden Urinsekten die zugleich leckenden Immen oder Hautflügler hervor, zu denen die Bienen, Wespen und Ameisen gehören. Die Ameisen, bei denen die Kauwerkzeuge noch am stärksten entwickelt sind, erscheinen als erste Hautflügler schon in der Mitte der Jurazeit, die Bienen und Wespen mit ihrem völlig

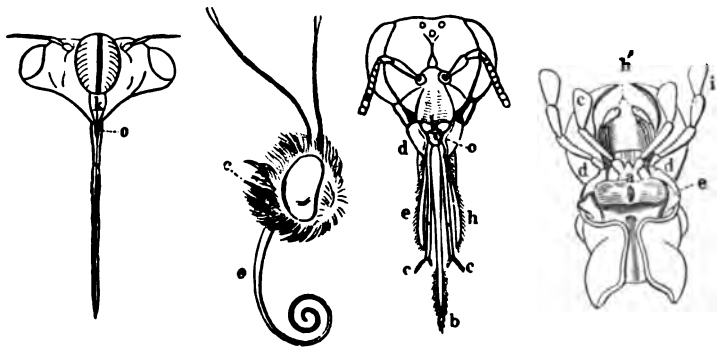


Fig. 293.
Vergleichung der Insekten-Mundtheile bei Cicaden, Schmetterlingen, Honigbienen und Käfern. a Kinn. b Zunge. c Lippentaster. d Oberkiefer. e Unterkiefer. h Lade. i Kiefertaster. k Kopfschild. o Oberlippe.

der Blumennahrung angepaßten Körper und mit Höschen, die gleich einer Bürste den Blumenstaub abfegen und sammeln (Fig 294), bildeten erst in der Tertiärzeit ihre, wie wir sehen werden, die gesammte Pflanzenwelt umwandelnden Instinkte aus. Hermann Müller hat gezeigt, daß die Honig-Bienen augenscheinlich aus Grabwespen entstanden sind, welche ihre Jungen mit animalischer Nahrung versehen, selbst aber von Blumennahrung leben, indem sie anfingen, auch für ihre Jungen Blumennahrung aufzuspeichern, und für diesen Zweck verzweigte Sammelhaare, Fersenbürsten, eine mit geeigneten Hilfsapparaten ausgestattete lange Zunge u. s. w. ausbildeten. Noch heute finden sich alle diese Apparate in vielen Stufen langsamer Steigerung bei den verschiedenen Bienengattungen erhalten, wobei auch der Ameisensäure absondernde Stachel in Betracht kommt, dessen Absonderung den Honig erst haltbar macht, weshalb stachellose Bienen keinen lange haltbaren Honig aufspeichern können.

Man könnte die Insekten der Vorwelt also auch eintheilen, in solche vor und nach Erscheinung der Blüthe, und damit in der ersten Abtheilung gefräßige und scharf bekieferte Thiere mit meist unvollkommner Verwand-

lung, in der zweiten leckende, blut- und saftsaugende Insekten mit vollkommner Metamorphose erhalten. Man darf sich diesen Uebergang natürlich nicht als einen plötzlichen vorstellen, da die Entwicklung honigabsondernder Blüthen erst allmälig eintrat, nachdem die blumenblattlosen Blüthen der Nadelhölzer und Kätzchenbäume vorausgegangen waren. Daher finden sich auch vereinzelte Blüthen-Insekten schon früher, während ihre eigentliche Zeit erst kurz vor Beginn der Tertiärperiode erfüllt war. Und merkwürdig, jene frühesten Blüthen sind auch heute noch die am wenigsten von den Insekten besuchten, und noch heute müssen sie auf guten Wind rechnen, um sich gegenseitig, da die Geschlechter getrennt sind, zu befruchten. Bei den vollkommneren Blüthen dagegen entstand schon damals jene innige Beziehung zur Insektenwelt, nach welcher heute fast jede Blüthe ihre besonderen Verehrer und Besucher zählt. Seitdem bedarf die Blume ihres besuchenden Insektes eben so sehr, wie dieses ihrer, und wir sehen alle Tage in unsern Gewächshäusern tropische Pflanzen ohne Fruchtansatz verwelken, weil man vergessen hatte, das nach Gewohnheit und Körperbeschaffenheit dieser Blume unentbehrliche Insekt mit einzuführen. Indem sie Blüthen mit großen Blumenblättern und leuchtenden Farben bevorzugten und die weniger schönen Formen vernachlässigten, wurden sie ohne Zweifel die ersten Blumenzüchter. Unter allen Thieren findet sich eine so nahe Beziehung zu der blühenden Welt vielleicht nur noch bei einigen Blumensaft saugenden Vögeln, und es wäre wohl richtiger, von der Liebe des Schmetterlings zur Blume, als von derjenigen der Nachtigall zur Rose zu dichten.

Fig. 294.
Bürste und Körbchen der gewöhnlichen Biene.

Am genauesten bekannt sind wir mit der Insektenfauna des Braunkohlenwaldes. Das Harz, welches damals der Bernsteinfichte (Pinus succinifera Conw.) reichlich entfloß, hat unzählige dieser kleinen Thiere in eine Glashülle wie Schneewittchen eingesargt, und sie unversehrt und mit den zartesten Gliedtheilen der Nachwelt überliefert. Martial hat eine Biene, eine Ameise und ein Schlänglein — d. h. wahrscheinlich einen Tausendfuß — der Vorwelt, deren Bernsteinsärge zu Schmucksteinen verarbeitet worden waren, in drei anmuthigen Gedichten besungen, von denen das eine hier mitzutheilen erlaubt sein mag:

Während am Heliasbaum, dem thränenden, kriechet ein Schlänglein,
Flossen die Tropfen vom Harz auf das sich sträubende Thier,
Und indeß es erstaunt, sich gefaßt von dem klebrigen Naß fühlt,
Ward es, gefesselt alsbald, starr im geronnenen Harz.
Du, o Cleopatra, sei nicht stolz auf dein königlich Grabmal,
Wenn um ein Schlängelein sich schließet ein edleres Grab.

Obwohl auch die Insekten des Bernsteinwaldes von den Nachkommen fast durchweg in kleinen Einzelheiten verschieden sind, stehen sie den heute lebenden schon sehr nahe, während das damals lebende Wirbelthier noch so viele Wandlungen durchzumachen hatte. So sind grade sie, die zu allen Zeiten in Gemeinschaft mit den niedersten Thier- und Pflanzenformen das Todtengräberamt der Natur zu verrichten hatten, welche sich, wie noch heute beeilten, die abgestorbenen Thier- und Pflanzenkörper auf das Schleunigste zu beseitigen und ihre Spur auszutilgen, diejenigen, welche der Zahn der Zeit am wenigsten berührte. Manches vorweltliche Thier, dessen weiche Theile vielleicht einen Abdruck im Schlamm zurückgelassen hätten, wurde von ihnen aus der Zeitenchronik gestrichen, während der alles verschlingende Saturn in ihnen seine getreuesten Diener und Gehilfen vor dem Untergange beschützte. Aus dem verwesenden Fleische des letzten Riesen-Sauriers stiegen die Aasfliegenschwärme empor, wie heute von dem auf der Prairie verendeten Büffel, verjüngt und neugeboren aus dem Vergehenden. Nicht eine Entstehung, wie die Alten glaubten, wohl aber eine Verjüngungs-Gelegenheit ist die Verwesung für sie.

Wenige niedere und höhere Thiere gleichen den Kerfen in ihrer Ausdauer und Formbeständigkeit. Die Insekten des Steinkohlenwaldes waren, wenn man von einzelnen Ausnahmen absieht, im Durchschnitt nicht erheblich größer, nicht abenteuerlicher gestaltet, als die kauenden Insekten unserer Zeit, während die Kopffüßler, Krebse, Fische u. s. w. jener Zeit kaum noch ähnliche Verwandte aufzuweisen haben und das Landwirbelthier seine Laufbahn erst eben begonnen hatte. So bleibt denn auch der Einfluß des Menschen, der so viele höhere Thiere gezähmt, durch Züchtung zahlreiche Pflanzen und Thiere in ihrer Gestalt wunderbar verändert hat, dem Insekt gegenüber allein machtlos. Unter allen Hausthieren, sagt Darwin, ist keines, bei welchen des Menschen Einwirkungen ebenso spurlos geblieben wären, wie bei der Biene. Daß sich aber die wunderbaren Kunsttriebe einiger Insekten dennoch nur allmälig während einer langen Vergangenheit entwickelt haben, ist kaum zweifelhaft. Noch heute sehen wir Immenarten, die ihre Zellen nicht aus Wachs, sondern aus Lehm und Sand bauen; gehörten diese Mauerbienen und Grabwespen vielleicht Arten an, die schon lebten, als Honig und Blumenstaub noch so sparsam in der Welt vorhanden waren, daß man ihrer ausschließlich zur Ernährung bedurfte?

Doch die **Apis adamitica** der Tertiärzeit war bereits eine echte Honigbiene und bauete wohl auch bereits aus Wachs eine, wenn auch einfachere Zelle. Die mexikanische Biene erbaut ihre Wohnung noch jetzt viel einfacher als unsre Zuchtbiene, so daß man die Entstehung ihrer architektonischen Talente stufenweise verfolgen kann; die Bewunderung eines sozusagen mathematischen Instinktes im Zellenbau der Bienen ist nach Müllenhoff und andern Beobachtern in Wirklichkeit gegenstandslos, sofern die hexagonale Säulen-

form derselben lediglich die mechanische Folge des gegenseitigen Druckes auf einander zu sein scheint.

Nachdem sich Bienen und Ameisen einem geselligen Leben gewidmet hatten, schritten sie wohl eben dadurch in gesteigertem Grade vorwärts; sie sammelten Erfahrungen und es entwickelte sich durch weitgetriebene Arbeitstheilung in diesen kleinen Staaten ein Geist der Ordnung und Arbeitsamkeit, auf welchen der Prediger Salomo mit Recht den Trägen hinweisen durfte. In der gesellschaftlichen Entwicklung der Ameisen glaubte Lubbock, einer ihrer eifrigsten Beobachter, ganz ähnliche Civilisations-Stufen nachweisen zu können, wie in der Entwicklung der Menschheit, nämlich ungesellige Jäger-Völker, Hirtenvölker, die sich Hausthiere gezähmt haben, und endlich ackerbauende Arten. Zu ihren Hausthieren gehören namentlich die Blattläuse, die ihnen gleich Melkkühen einen zuckerartigen Saft geben und von ihnen sorgsam gegen andre Thiere beschützt werden, sowie eine Reihe von Käfern, von denen vielleicht manche als Luxusthiere dienen, und man hat gefunden, daß in ihren Bauten mehr Hausthiere leben, als in den Ansiedlungen der Menschen. Ziemlich zahlreiche Ameisenarten der alten und neuen Welt legen kunstvolle Bauten an, und sammeln für die ungünstige Jahreszeit Sämereien, die sie gegen das Keimen zu schützen wissen. Eine Ameisenart (Pogonomyrmex barbatus), die in Texas beobachtet wurde, pflegt den Ameisen-Reis, eine Graminee (Aristida oligantha), indem sie auf weiten Umkreisen ihres Baues nur diese Grasart aufkommen läßt, und alles Unkraut fleißig vertilgt; die reifen Körner aber sammelt sie höchst sorgsam in Magazinen. Andere Ameisen tragen, wie zuerst Belt und dann Alfred Möller am genauesten studirten, Blätter und andere organische Stoffe in ihre Nester ein, um darauf Pilzarten mit eigenthümlichen Anschwellungen (sog. Kohlrabis) der Pilzfäden zu züchten, von denen sie leben. Denselben Instinkt hat man in neuerer Zeit auch bei vielen Termiten-Arten entwickelt gefunden. Fast noch mehr an menschliche Sitten erinnern die auf ähnlichen Ausbildungs-Stufen verfolgbaren kriegerischen Instinkte vieler Ameisen und Termiten, die ihren besonderen Polizei- oder Soldatenstand und stehende Heere haben. In ihrem wohlgegliederten Staatswesen gleichen sie den Menschen mit Uebertreibung des auch bei diesen noch hier und da vorkommenden Zunft- und Kasten-Wesens, indem ihre Arbeiter, Soldaten u. s. w. nur durch besondre Kost gezüchtet werden, und darum noch enger als die menschliche Gesellschaft zu einem Staats-Organismus, einem zusammengesetzten Gesellschaftsthier zusammenschließen.

Nicht weniger menschlich berührt der Instinkt einiger Arten, Sklaven zu halten, die alle ihre Bedürfnisse stillen und ihre Arbeiten verrichten müssen, während sie selbst nichts thun, als ihre Art fortpflanzen und neue Sklaven rauben. In unseren Wäldern beobachtete Huber eine braunrothe Ameise, die kaum im Stande ist, sich selbst zu ernähren, und an das Nektar absondernde Pistill einer Blume gesetzt, daselbst verhungerte. Sie raubt

darum die Larven einer andern Art, um sich von den sorgfältig aufgezogenen Sklaven füttern zu lassen. Man hat die Vermuthung ausgesprochen, daß das vielleicht Ameisen einer ältern, blüthenlosen Epoche seien, die sich nicht von Pflanzensaft zu ernähren im Stande wären und nur vermöge ihrer geistigen Kräfte einen Ausweg gefunden hätten. Jedenfalls haben sie die ältere selbständige Ernährungsweise in ihrem verfeinerten Kulturzustande verlernt, und sind Leuten zu vergleichen, die nichts gelernt haben und nicht in die Lage kommen dürfen, sich durch ihrer Hände Arbeit ernähren zu sollen. Das Lehrreichste sind die körperlichen Veränderungen, denen die einzelnen Mitglieder eines Ameisen- oder Bienenstockes ihrer Bestimmung und Thätigkeit gemäß unterliegen, und die zum Theil nur durch abweichende Nahrung oder Brutpflege hervorgebracht werden sollen. Bei einigen erst in neuerer Zeit beobachteten Ameisenarten Amerikas und Australiens werden sogar einzelne Arbeiter durch Ueberfüllung ihres Vormagens mit Honig zu bloßen lebenden Vorrathstöpfen benutzt, die an der Decke einer Kammer ihres Baues aufgehängt werden. Bei einzelnen Ameisenarten beobachtet man mehr als fünf verschiedene und bei Termiten noch zahlreichere Formen, die zum Vortheil ihres Staates unabläßig, jede in ihrer Weise thätig sind. In ihrer Betriebsamkeit und strengsten Pflichterfüllung erinnern Ameisen und Bienen unwiderstehlich an die Chinesen.

Dennoch hat man die geistigen Fähigkeiten der Insekten meist zu hoch angeschlagen und vor Allem übersehen, daß es sich hier um angeborne Instinktrichtungen handelt, deren Unterschied von geistigen und bewußten Handlungen in einem spätern Kapitel dargelegt werden soll. Neuere Untersuchungen von John Lubbock erweisen, daß unter andern das Mittheilungsvermögen bei Bienen und Wespen durchaus nicht so hoch entwickelt ist, wie man anzunehmen geneigt war. Man wollte z. B. beobachtet haben, daß eine Biene, die einen Fleck Honig entdecke, nach ihrer Sättigung fortfliege und nachher stets mit Gefährtinnen zurückkehre. Diese Angabe wurde aber durch genauere Versuche keineswegs bestätigt; die mit Erkennungszeichen versehenen Thiere kehrten vielmehr verschiedene Male, aber meistens ohne Gesellschaft, zu der aufgefundenen Nahrungsquelle zurück. Wahrscheinlich ist es nur das Ansammeln selbständiger Entdecker auf Beutestücken, die sich dem Gesichts- oder dem Geruchssinn verrathen, welches zu diesen Annahmen verführt hat. Daß der Gesichtssinn bedeutend entwickelt ist, glaubte Lubbock daraus schließen zu können, daß, wenn er auf verschiedenfarbigen, nebeneinanderliegenden Papierstreifen Honigtröpfchen vertheilte und eine gekennzeichnete Biene z. B. auf dem rothen Streifen sich setzen ließ, sie stets zu diesem zurückkehrte und ihn mithin wohl von den andersfarbigen Streifen zu unterscheiden im Stande sein mußte. Ueberhaupt beruht, wie wir bald sehen werden, auf dem durch Beobachtungen festgestellten Farben-Unterscheidungsvermögen der höheren Insekten, die moderne Erklärung der bunten Farbenwelt der Blumen.

Auch unter den Netzflüglern (Neuroptera), die wir hier etwas später behandeln, als ihrer historischen Stellung zukäme, weil sie die Vorfahren der Schmetterlinge sind, begegnet man bedeutend fortgeschrittenen Instinkten. Es sei hier nur an die Betriebsamkeit der Larven der Ameisenlöwen erinnert, die sich Sandtrichter bauen, in denen sie anderen Kerfen auflauern und an die Baukunst der Köcherfliegen, von der schon oben (S. 346) gesprochen wurde. Diese Ordnung, zu der noch die Schmetterlingshafte (Ascalaphus), die Blattlaus- oder Florfliegen (Hemerobina), Perlaugen, Skorpions- und Wasserflorfliegen (Panorpiden und Sialiden) gehören, sind Kerfe mit vollkommner Verwandlung (Metabola), aber größten Theils noch solche mit kauenden Mundtheilen, wie die alten

Fig. 295.
Köcherfliege (Phryganea rhombica) nebst der Larve, die sich aus Halm- und Zweigstücken ein tragbares Haus verfertigt hat.

paläozoischen Insekten geblieben, an denen die Erscheinung der Blumen fast spurlos vorübergegangen ist. Diesen gefräßigen Räubern, deren Reste schon in den Jura-, theilweise sogar schon in den Triasschichten vorkommen, folgten dann die sogenannten Köcherjungfrauen oder Phryganiden (Fig. 295), welche nur in der Larvenzeit Raubinsekten sind, nach ihrer Verwandlung aber in Folge einer gänzlichen Umbildung ihrer Mundtheile nur noch Blumensaft saugen, wie ja auch im Schmetterlingsleben die gefräßige Raupe an den Urzustand des reinen Bauchlebens der paläozoischen Insekten erinnert.

Man nennt die Phryganiden auch Haarflügler (Trichopteren), weil die nur mit wenigen oder gar keinen Queradern versehenen Flügel behaart oder beschuppt sind, wie bei den Schmetterlingen, die nach dieser Schuppenbekleidung ihren Namen Schuppenflügler (Lepidopteren) empfangen haben. Die Larven der Haarflügler leben in Seen, Teichen und Gräben, woselbst sie aus Zweigen, Schilfstückchen, Sandkörnern oder kleinen Schneckenschalen ein Gehäuse, eigentlich ein Leibesfutteral bauen, welches gewöhnlich ein einfacher grader Sack von mannigfachster Beschaffenheit ist, manchmal aber wie bei Helicopsyche (Fig. 227) eine merkwürdige

Aehnlichkeit mit Schneckenhäusern hat, als ob sie von der Architektonik ihrer Wasser-Nachbarn etwas gelernt hätten. In einigen Epochen der Sekundärzeit waren diese zwischen Libellen und Schmetterlingen in der Mitte stehenden Thiere, welche sich im ersten Frühjahre aus dem Wasser erheben und daher auch Frühlingsfliegen genannt werden, so häufig, daß sie mit ihren röhrenförmigen Stein- und Kalkgehäusen sich hier und da schichtenbildend am Bau der Erdrinde betheiligt haben. Im Tertiär setzen die Röhren von Phryganiden zuweilen Süßwasser-Kalkschichten von zwei bis drei Metern Dicke, z. B. den sogenannten Indusienkalk der Auvergne zusammen. Man nennt sie auch Wasserschmetterlinge, weil die Schüppchen auf ihren Flügeln häufig Zeichnungen bilden, die an diejenigen gewisser Kleinschmetterlinge erinnern. So dürftig dieses Flügelkleid auch neben dem Prachtgewande eines farbenschimmernden Tagschmetterlinges erscheinen mag, so steht es doch im Vergleich mit dem mancher Motten und Eulen nicht gar so weit zurück und Nachtschmetterlinge waren die Vorflieger des Falterzuges. Wir haben oben erfahren, daß schon einige Falsch-Netzflügler der Steinkohlenzeit hübsch gezeichnete Flügel besaßen. Nachrichten über in Steinkohlenschichten gefundene Schmetterlinge, wie sie in neuerer Zeit wiederholt aufgetaucht sind, mußten aber unglaublich erscheinen, schon weil es damals keine Blumen gab und die ganze Entwicklung des Insektenreichs einem so frühen Auftreten widerspricht. In der That haben sich die vermeintlichen Steinkohlen-Schmetterlinge bei genauerer Untersuchung stets wieder in Falsch-Netzflügler oder buntgezeichnete Orthopteren zurückverwandelt.

Die Uebereinstimmung und nahe Verwandtschaft der Schmetterlinge mit den Frühlingsfliegen ist im Einzelnen von Speyer, Fritz und Hermann Müller so klar nachgewiesen worden, daß man nicht mehr daran zweifeln kann, daß Phryganeen wirklich ihre Vorfahren waren. Als diesen zunächst stehende Schmetterlinge sind nach Speyer Psychiden, Tineinen, Hepialiden und besonders Micropteryginen aufzufassen, als am weitesten von ihnen entfernte die Tagfalter zu betrachten. Von den genannten Schmetterlingsarten theilen viele mit den Frühlingsfliegen sogar die Eigenthümlichkeit, daß die Larven in selbstverfertigten Hülsen leben, so z. B. die sogenannten Sackträger-Raupen (Psyche), unter denen sich einige aus Halmstückchen, Blatt- und Rindentheilen eine Art Schuppenpelz verfertigen, während die eine Art (Psyche Helix) sich aus Sandkörnchen ein ganz ähnliches Schneckenhaus erbaut, wie Helicopsyche unter den Frühlingsfliegen. Ebenso wie bei diesen, werden dabei die Brustfüße herausgestreckt, während sich der Hinterleib durch Nachschieber oder Häkchen an der Röhre festklammert. Auch leben die Larven einiger Zünsler noch heute im Wasser und besitzen Kiemenathmung. Die obenerwähnten Schmetterlingsfamilien theilen außerdem mit den Phryganiden die Art des Fliegens und am Boden Hinrutschens, die Bekleidung der Flügel mit lose eingepflanzten

Härchen statt der Schuppen und viele andere Eigenthümlichkeiten. So finden sich die beiden, die Wurzel der Vorderflügel der Schmetterlinge bedeckenden Schulterdecken, die von einigen Forschern für Reste eines vordern Flügelpaares, wie es die Steinkohleninsekten besaßen, gehalten werden, in unvollkommner Entwicklung schon bei den Phryganiden, und die Aehnlichkeit des Flügelgeäders tritt, wie Fritz Müller gezeigt hat, ganz besonders hervor, wenn man als Vergleichsobjekt nicht den fertigen Schmetterling, sondern den unausgebildeten Schmetterling in der Puppe betrachtet, also einen Jugendzustand, in welchem noch die Uebereinstimmung größer ist, als später. Durchgreifend verschieden sind die Phryganiden von den Schmetterlingen nur durch die Gebrauchsfähigkeit der Beine gegen Ende des Puppenzustandes und durch die Umbildung ihrer während des Jugendzustandes (wie bei den Schmetterlingen) beißenden Mundtheile zu Schöpf- und Leckorganen. Während sich nämlich bei den Schmetterlingen die Unterkiefer zu hornigen Halbrinnen gestalten, die sich zu einem mehr oder weniger langen, aufrollbaren Saugrüssel (Fig. 296) zusammenlegen, bilden sich bei den Frühlingsfliegen die Mundtheile durch Verschmelzung von Unterkiefer und Unterlippe zu einer rinnenförmigen Schnauze um, die nur Flüssigkeiten schöpfen oder lecken kann.

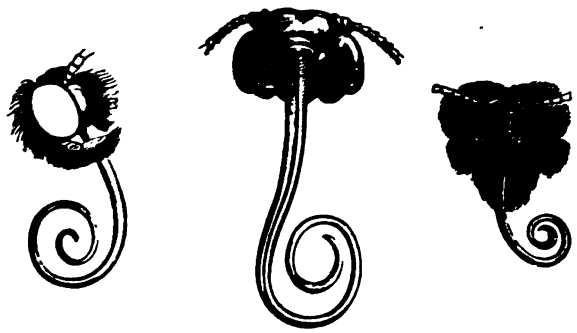


Fig. 296.
Schmetterlingsrüssel.

Die durch fossile Beweisstücke verbürgte Geschichte des Schmetterlingsstammes ist an einwandfreien Zeugen nicht reich, bestätigt aber die eben wiedergegebenen Erwägungen vollkommen. Von den vermeintlichen Steinkohlen-Schmetterlingen haben wir schon gesprochen. Oppenheim glaubte vor zehn Jahren im lithographischen Schiefer Bayerns eine Anzahl von Sekundärzeit-Schmetterlingen entdeckt zu haben, die er den Schwärmern zutheilte und eine besonders gut erhaltene Art Sphinx Schröteri taufte. Deichmüller wies aber nach, daß es sich um Holzwespen handelte, deren dicker Hinterleib im Zusammenhang mit dem großen Flügelabdruck den Schluß auf Schwärmer veranlaßt hatte und die sekundäre Sphinx mußte in Pseudosirex Schröteri umgetauft werden. Wir kennen bisher keine älteren als Tertiärzeit-Schmetterlinge und dürfen auch wegen der Zusammengehörigkeit von Schmetterlingen und Blumen keine beträchtlich älteren Schmetterlinge zu finden erwarten, höchstens solche aus den letzten Ab-

schnitten der Sekundärzeit. Aus der Tertiärzeit sind indessen schon Vertreter der meisten Gruppen bekannt. Am häufigsten sind Spuren von Kleinschmetterlingen (Mikrolepidopteren) und zwar in von Bernstein eingeschlossenen Resten aller ihrer Entwicklungsstadien gefunden worden. Von Spannern (Geometriden) hat man eine Art aus den oligocänen Süßwasser-Mergeln von Aix in der Provence und zwei miocäne Arten in Radoboj (Kroatien) angetroffen und aus diesen der Erhaltung von Insekten besonders günstigen Süßwasserbildungen sind auch mehrere Eulen (Noktuiden) und Spinner (Bombyciden) beschrieben. Von Schwärmern (Sphingiden) kennt man eine vom Bernstein umschlossene Art und einen Glasflügler (Sesia-Art) aus Aix. Am spärlichsten sind bisher die Tagfalter, welche die Fürsten des bunten Falterreiches darstellen und in ihrer Mannigfaltigkeit größtentheils Geburten der jüngsten Zeiten darstellen dürften, gefunden worden; doch lieferten die Süßwasserschichten von Aix, Rott, Radoboj und Florissant bisher Reste von etwa einem halben Dutzend Gattungen. Die in Figur 297 dargestellte Art aus den oligocänen Süßwassermergeln zeigt einen der ältesten Tagfalter.

Fig. 297.
Prodryas Persephone Scudd.
Florissant (Colorado) 1/1.

Herrmann Müller hat sich das Verdienst erworben, in allgemeinen Umrissen gezeigt zu haben, sowohl wie die honigliebenden Insekten farbige und wohlriechende Blumen gezüchtet haben, als besonders auch die Rückwirkung der Blumen auf die Insekten, die Umgestaltung ihres gesammten Körperbaues durch die Blumenausbeutung. Namentlich gelang es ihm, bei den Bienen, von ihren mutmaßlichen Stammeltern, den Grabwespen (Prosopis), ausgehend, bis zu dem ausgeprägten Saugrüssel der Hummel und Honigbiene (Fig. 293), die mannigfachsten Uebergangsstufen nachzuweisen und so die stattgehabte Umwandlung Schritt für Schritt zu verfolgen. Dagegen ließ sich zwischen dem Rüssel der Schmetterlinge und dem Munde der Phryganiden keine Zwischenstufe erkennen, da die sehr zurückgebildeten Rüssel mancher Falter wahrscheinlich nur nachträgliche Verkümmerungen darstellen. Er findet die Erklärung dieses Unterschiedes aber in der Einseitigkeit der Schmetterlings-Anpassung an die Gewinnung tief geborgenen Blumenhonigs, die stets in der Natur eine schnellere und vollkommenere Umwandlung zur Folge zu haben pflegt. Während nämlich die Bienen gleich den Grabwespen auf die Anfertigung und Sicherstellung ihrer Bruthöhlen eine sehr bedeutende Arbeit verwenden müssen, wozu sie ihre Oberkiefer in unveränderter Gestalt brauchen, so daß zur Honiggewinnung nur Unterkiefer und Unterlippe mit ihrer sogenannten Zungen-

spitze (Fig. 293$_3$ b) umgewandelt werden konnten, brauchen die Schmetterlinge gleich den Phryganiden der Brutversorgung keine weitere Mühe zu widmen, als das Aussuchen eines passenden Ortes zum Ablegen der Eier und allenfalls noch die schützende Ueberkleidung derselben mit einem Gespinnst. Mithin konnten sich die Mundtheile der einzig der Liebe und den Blumensüßigkeiten nachgehenden Falter in einseitigster und ungebundenster Weise der Ausbeutung auch der versteckteſten Honigquellen anpassen. Für den raschen Erfolg war dann ohne Zweifel die Beschränkung dieser Umbildung auf ein paar einzelne Stücke ihrer Mundtheile, die Kieferladen, höchst förderlich. Denn diese konnten, indem sie sich verlängerten, rinnig aushöhlten und zu einer langen Röhre zusammenlegten, gewiß sehr bald durch Naturauslese zum typischen Schmetterlingsrüssel umgeprägt werden. Bei den Bienen dagegen wurde derselbe Anpassungsvorgang nicht nur durch den gleichzeitigen Gebrauch der Oberkiefer für die Brutversorgung, sondern auch wahrscheinlich dadurch verlangsamt, daß eine größere Mannigfaltigkeit von Theilen, nämlich Unterkiefer, Unterlippe und Lippentaster (Zunge) sich daran betheiligten und zu einem zusammengesetzten Saugapparate vereinigten, der zwar mitunter ebenfalls eine ansehnliche, zur Ausbeutung sehr tiefer Röhrenblumen ausreichende Länge erreicht, aber nur zusammenlegbar, nicht einrollbar ist. Während nun die Ausprägung des typischen Bienenrüssels erst im Verlaufe unabsehbarer Generationen und zahlreicher Verzweigungen der Familie stattgefunden haben mag, scheint im Gegentheil die Vollendung des Schmetterlingsrüssels schnell, und schon bei dem ursprünglichen gemeinsamen Stamme der Schmetterlingsfamilie noch vor ihrer Theilung in verschiedene Zweige eingetreten zu sein.

Für die Richtigkeit der im ersten Augenblicke etwas gewagt erscheinenden Vermuthung Herrmann Müllers, daß nämlich die Umbildung zweier Kieferladen in einen Schmetterlingsrüssel nur eine verhältnißmäßig kurze Zeit gedauert haben möge, tritt in der Käfergattung Nemognatha ein ebenso merkwürdiger als wichtiger Zeuge hervor, indem nämlich bei einigen noch jetzt lebenden Arten dieser Gattung dieselbe Umbildung uns in mehreren Stufen thatsächlich vor Augen tritt. Bei der in Südfrankreich einheimischen Nemognatha chrysomelina sind nämlich die Kieferladen, wenn auch bereits stark verlängert und pinselförmig behaart (Fig. 298$_4$), doch noch von ganz derselben Bildung wie bei andern Käfern. Bei einer schwärzlich blauglänzenden Art dagegen, die Fritz Müller an Winden saugend, am Itajahy in Südbrasilien beobachtete (Fig. 298$_{1,2,3}$), haben sich die Kieferladen außerordentlich verlängert, rinnig ausgehöhlt und zu einem Saugrüssel zusammengelegt, der abgesehen von der ihm fehlenden Zusammenrollbarkeit, ganz wie ein Falterrüssel gebraucht wird. Hier hat sich also in der verhältnißmäßig kurzen Zeit, welche die Käfergattung Nemognatha gebraucht haben mag, um sich in mehrere Arten zu theilen, aus Kieferladen von gewöhnlicher Bildung ein Saugrohr, wie es die Schmetterlinge besitzen, gebildet, also

dasselbe, was wir, um die anscheinend unüberbrückbare Kluft zwischen Phryganidenmund und Schmetterlingsrüssel verstehen zu können, für die Stammeltern der Schmetterlinge voraussetzen mußten.

Die Metamorphose der Insekten läßt indessen nicht so einfache und direkte Rückschlüsse auf die Abstammung zu, wie etwa diejenige der Quallen und Krebsthiere, deren Larven im Seewasser so ziemlich immer denselben äußeren Einflüssen ausgesetzt waren. Die auf dem Festlande ihre Nahrung suchenden Insektenlarven waren viel größeren Schwankungen von Licht und

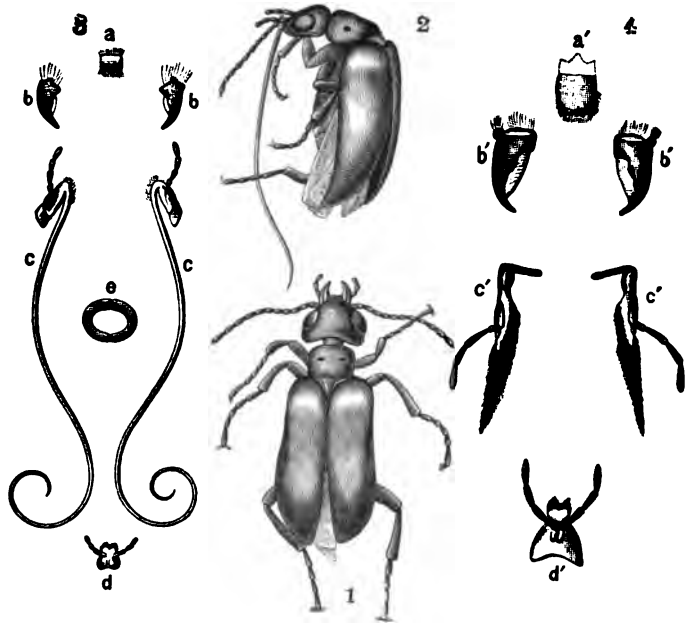


Fig. 298.

1, 2 Nemognatha vom Itajahy von oben und von der Seite (2 : 1). 3 Mundtheile derselben. 4 Mundtheile der Nemognatha chrysomelina aus Südfrankreich (4 : 1). a und a' Oberlippe. b und b' Oberkiefer. c und c' Unterkiefer. d und d' Unterlippe. e Die beiden Kieferladen im Querschnitt stärker vergrößert.

Dunkelheit, Wärme und Kälte ausgesetzt, und hatten auch eine größere Auswahl in der Ernährungsweise durch verschiedene Pflanzenstoffe, Säfte und Zuckerstoff absondernde Blumen, Thierreste u. s. w. Der in der Tertiärzeit eingetretene Jahreszeitenwechsel berührte die Wasserthiere wenig, desto mehr die Landthiere, die er zur Verpuppung, Winterschlaf, Wanderungen u. s. w. nöthigte. Durch diese Umstände ist die Entwickelung der ihr Larvendasein im Freien verlebenden Thiere zum Theil viel sprunghafter geworden, indem sich Ruhezustände einschoben, in denen eine vollkommene Umwandlung sich vorbereitet und nachher desto überraschender vollzieht.

Außerdem hat der Umstand, daß schon die Larven in dem Kampfe um's Dasein vielseitigeren Angriffen und Bedrohungen ausgesetzt waren, häufig den Gang der Metamorphose bedeutend verändert, und eine „Fälschung" d. h. Abänderung (Cenogenesis) des hergebrachten Entwickelungsganges hervorgebracht, die uns sehr irre führen würde, wenn wir ihr blindlings mit direkten Schlüssen folgen wollten. So z. B. sind die meisten Insekten ursprünglich ganz auf harte Nahrung, seien es Holz-, Blätter- oder Thierstoffe, angewiesen gewesen, zu deren Bewältigung sie harte Kiefern und Greifzangen gebrauchten. Aber indem später manche Blumenkerfe auch ihre Larven mit Honig oder weicher animalischer Nahrung versorgten, entstanden bei Arten der verschiedensten Insektenklassen „madenförmige" Larven, z. B. bei Hautflüglern, Zweiflüglern und wie wir sogleich sehen werden, sogar bei Käfern. Diese madenförmigen Larven, deren Freß-, Bewegungs- und Sinnesorgane mehr oder weniger zurückgebildet erscheinen, könnten in Folge dessen für sehr alte und ursprüngliche Formen gehalten werden, aber es sind, wie dies wohl zuerst von Fritz Müller betont wurde, vielmehr verhältnißmäßig neue Formen, denen dadurch, daß ihre an Intelligenz fortgeschrittenen Eltern sie für das Larvenleben mit flüssiger Nahrung versorgten, Kiefer, Kopf, Augen, Beine und zum Theil auch der After überflüssig wurden und daher verloren gingen. Nach den schönen Untersuchungen Bütschli's über die embryonale Entwicklung der Biene wissen wir, daß der junge Embryo einen vollständigen, aus vier Segmenten bestehenden Kopf mit drei Kieferpaaren, wie die Blattwespenlarven oder sogenannten Afterraupen, besitzt, diese Theile aber ebenso wie die für die Insekten typischen drei Fußpaare, ehe er noch als Made ausschlüpft, verliert. Aehnliche Rückbildungen, die sich nur durch die Anpassung an eine neue, bequemere Lebensweise erklären lassen, findet man auch bei Zweiflüglern und besonders schön bei einer Käferfamilie, zu welcher die bekannten Maiwürmer oder Oelkäfer (Meloë), der Spanischfliegenkäfer (Lytta) und der Bienenkäfer (Sitaris) gehören.

Der rothschultrige Bienenkäfer (Sitaris muralis), welcher in Südeuropa häufig ist, wurde in seiner merkwürdigen Entwicklung zuerst von dem ausgezeichneten französischen Entomologen Fabre beobachtet. Derselbe fand ihn in den Erdlöchern einer Schnauzenbiene (Antophora pilipes) und sah, wie im September aus den Eiern einen Millimeter lange Larven (Fig. 299 a) mit Doppelaugen auf jeder Kopfseite, langen Fühlern, drei Beinpaaren und Schwanzborsten hervorkamen, Larven, die denen der meisten Käfer im Allgemeinen gleichen. Diese sehr beweglichen Lärvchen schlüpfen jedoch nicht aus, sondern hocken auf einem Haufen, bis im Frühjahr die rechtmäßigen Zellenbewohner, die jungen Schnauzenbienen ausschlüpfen. Die Sitarislarven springen dabei auf die zuerst auskriechenden Männchen der Bienen, klammern sich fest, lassen sich als sogenannte „blinde Passagiere" von ihnen umhertragen und gelangen von ihnen auf die später erscheinenden Weibchen.

Dieſe bauen nun gleich andern Bienen Neſter, tragen Honig ein, legen je ein Ei auf den aufgeſpeicherten Nahrungsvorrath und ſchließen die Zelle. Allein ſie haben ihre Rechnung ohne den Gaſt gemacht. Die Sitarislarven ſind vorher auf die Bieneneier geſprungen, freſſen dieſelben auf, um die den Bienenlarven beſtimmten Vorräthe allein verzehren zu können, wobei ſie auf der Eierſchale wie auf einem Floſſe im Meere des Honigüberfluſſes ſchwimmen. Um nun dieſen Reichthum aufnehmen zu können, und ſich nach halbjährigem Faſten gründlich zu entſchädigen, werfen ſie die harte Körperhülle ab und verwandeln ſich in eine weiche augenloſe Made mit zurückgebildeten Gliedmaßen. Die erwachſene Larve des zweiten Stadiums (b) hat nun im Verhältniß zu a wieder ein mehr madenartiges Anſehen, verkürzt ſich allmälig, erhärtet, nimmt die zur Ueberwinterung geeignetſte ei örmige Geſtalt an und wird von Fabre als Scheinpuppe, Pſeudonymphe (c) bezeichnet. Im nächſten Frühjahr geht aus ihr eine dritte, wiederum der zweiten ähnlichen Larvenform (d) hervor, und aus dieſer durch nochmalige Häutung erſt die wirkliche Puppe (e), aus der dann im Auguſt des zweiten Jahres der fertige Käfer hervorgeht. Aehnliche Beobachtungen hatte Dufour ſchon früher bei Paraſiten anderer wilden Bienen gemacht, die ſich als die Larven des Maiwurms oder Oelkäfers auswieſen, und in neuerer Zeit hat Lichtenſtein eine ganz ähnliche vor- und rückſchreitende Metamorphoſe bei den Larven des Spaniſchfliegen-Käfers beobachtet.

Hier ſehen wir auf das Deutlichſte, daß in den Larvenzuſtänden der Inſekten ſich Anpaſſungen an äußere Lebensverhältniſſe bemerkbar machen und daß wir bei ihnen keine unveränderte Wiederholung der Ahnenreihe, kein regelmäßiges Fortſchreiten zum Vollkommneren, kein von außen unbeeinflußbares Entwicklungsgeſetz zu ſuchen haben. Denn das wäre doch ein ſonderbares „Entwicklungsgeſetz", welches die Gliedmaßen, die das vollkommene Inſekt braucht, erſt vollſtändig anlegen und dann ebenſo vollſtändig zurückbilden wollte, um ſie ſchließlich von Neuem zu bilden. Es würde von dieſem Geſichtspunkte beinahe ausſehen, als ob die ihres Weges nicht ganz ſichere „Lebenskraft" das Bild der Larve erſt „im Unreinen" probirte, dann völlig auslöſchte und endlich beim dritten, vierten oder fünften Anlauf zu Stande brächte. Die Urſache liegt darin, daß Larven, die längere Zeit hindurch ſich ihre

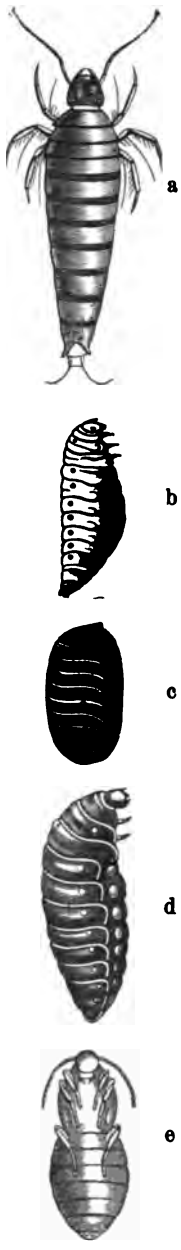


Fig. 299. Entwicklung von Sitaris muralis. (Alle Larvenformen vergrößert.)

Nahrung selbst suchen müssen, eben so dem günstige Abänderungen erzeugenden Kampfe um's Dasein ausgesetzt sind, wie vollendete Thiere, und so haben, wie wir in einem späteren Kapitel sehen werden, auf Gräsern lebende Schmetterlingsraupen grüne Längsstreifen erlangt, und solche, die auf gerippten Blättern leben, schräge Querstreifen u. s. w., weil dieselben zu ihrer bessern Verbergung vor ihren Feinden dienten, während die im Marke der Pflanzen lebenden Raupen farblos blieben, und solche, die am Tage auf der Erde und im welken Laube zubringen, erdfarben wurden.

Wenn man nun aber auch aus den Insektenlarven wegen dieser nachträglichen Veränderungen der ursprünglichen Entwicklungsformen (Cenogenesis) keine weitergehenden Schlüsse ziehen darf (etwa daß z. B. alle Insekten, die aus madenförmigen Larven entstehen, näher untereinander verwandt wären), so hat doch Weismann gezeigt, daß eine sorgfältige Untersuchung z. B. der Zeichnungen der Schwärmerraupen sehr wichtige Aufschlüsse über den Stammbaum einer Gattung liefern kann. Denn hierbei zeigte sich ganz ähnlich, wie in den S. 361 erwähnten Untersuchungen über die Ammonitenschale, daß Veränderungen der Zeichnung und Färbung, die eine Raupe durch Naturzüchtungen erworben hat, bei andern Raupen, die offenbar Abkömmlinge des betreffenden Insekts sind, in einen früheren Lebensabschnitt, wie sie durch die verschiedenen aufeinanderfolgenden Häutungen bezeichnet werden, hinaufrückt, so daß eine Schmetterlingsart, deren Raupe einen auffallenden Charakter der Färbung und Zeichnung ihrer Verwandten früher aufweist als diese, meist als jüngere Art betrachtet werden kann.

Im Uebrigen erschien es Weismann, als ob durch das selbständige Variiren der Larvenform das Endprodukt oder vollkommene Insekt nicht wesentlich berührt würde, und dies stimmt mit der anderweiten Erfahrung, daß erst ein an sein letztes, durch Vererbung vorgeschriebenes Ziel gelangtes Lebewesen sich endgültig weiter bilden kann, wovon wir in einem spätern allgemeinen Kapitel auch von Schmetterlingen merkwürdige Beispiele kennen lernen werden. Allerdings lehren andererseits zahlreiche Versuche, daß Temperatureindrücke, ungewöhnliche Hitze oder Kälte, die man auf Schmetterlings-Raupen vor und während der Verpuppungszeit einwirken läßt, ebenso die ungewöhnliche Helle oder Dunkelheit der Umgebung, doch sowohl auf die Puppe selbst, wie auf die Zeichnung des Falters deutlichen Einfluß ausüben. Die Puppen unsrer Eckflügler (Vanessa-Arten) vergrößern z. B. ihre Silber- und Goldflecken, die den Griechen Anlaß gegeben haben mögen, die Puppen Chrysaliden zu nennen, wenn die Raupen in der letzten Zeit vor der Verpuppung mit weißer oder glänzender Umgebung versehen werden. Die Raupen eines südafrikanischen Schwalbenschwanzes (Papilio Nireus) liefern grüne, gelbgraue oder röthliche Puppen, je nachdem sie sich im grünen Laube, an ungestrichenem Holzwerk, oder an Ziegelwänden verpuppen, und auch die Raupen ein-

heimischer Weißlinge zeigen eine ähnliche Licht- und Farben-Empfindlichkeit. Sie nehmen ihrer Umgebung entsprechende Farben an, die sie den Feinden besser verbergen, und so dienen auch die Silber- und Goldflecken mancher Eckflügler-Puppen wahrscheinlich zur bessern Verbergung der an glitzernden, glimmerhaltigem Gestein sich aufhängenden Puppen. Andererseits liefern die überwinternden Puppen mancher Schmetterlinge anders aussehende Falter, als die keiner stärkeren Temperatur-Erniedrigung ausgesetzten Sommerpuppen (Saison-Dimorphismus). Es handelt sich dabei aber, wie wir später sehen werden, um Variationen innerhalb bestimmter Grenzen. Im Allgemeinen hat die Larve die wichtige Aufgabe zu erfüllen, die für die späteren starken Umwandlungen erforderlichen reichlichen Nahrungs- und Reservestoffe einzusammeln; wie sie diese Aufgabe unter Wandlungen ihrer Gestalt am besten erfüllt, ist eben ihre Sache. Anscheinend ist auch der Puppenzustand vieler höherer Insekten, und zumal der Schmetterlinge, nur eine durch äußere Verhältnisse, periodische Dürre, Jahreszeitenwechsel und dergleichen Hemmnisse gebotene Unterbrechung der regelmäßigen Fortbildung, ein Uebergangsstadium. Wie der Adam in der Bibel, so sinkt das Thier in einen tiefen Schlaf, sich kaum bewegend, sammelt und spart es alle Kräfte für die Umwandlung des alten in einen neuen Adam. Die Raupe hat das Gebiß und den Magen auf das Fruchtbarste arbeiten lassen, um einen Vorrath des kräftigsten Lebensstoffes für diese lange Pause des Fastens und der inneren Sammlung anzuhäufen. Endlich ist das große Werk vollendet. Aus der abgestreiften Hülle des alten Sündenlebens steigt das verklärte Bild des neuen Lebens, wie die Blume aus der Knospe. Die Imago, d. h. das vollendete Insekt ist die Blüthe des Kerbthierlebens, denn ihr Dasein ist gleich der Pflanzenblüthe nur der Fortpflanzung gewidmet, während die Raupen und andere Larvenzustände ein oft langes Dasein geschlechtslos verbrachten. Beim Schmetterling ist der Kontrast der oft häßlichen, kriechenden Larve (Raupe) mit dem leichtbeschwingten, oft im herrlichsten Farbenschmuck strahlenden Falter am größesten, die Wesens-Wandlung und Veredlung während des Puppenschlafes am augenfälligsten. Jene Vervollkommnung und Vergeistigung der Raupe zum Schmetterling haben daher die Philosophen, Theologen und Dichter aller Zeiten erfaßt, indem sie den Falter zum Symbol der Psyche erhoben, die sich dem niedern, thierischen Dasein entringt und frei in die Höhe steigt.

XII.

Das Kleid der Erde.

(Landpflanzen.)

Denn nicht hat, wie mich dünkt, die Geschlechter (höherer Pflanzen)
Niedergelassen ein goldenes Seil vom Himmel zur Erde;
Noch das Meer sie erzeugt, noch die klippenreichen Gestade,
Sondern die Erde, die jetzt sie ernährt, hat sie auch geboren.

Lucrez II. 1123 ff.

Aus dem fast vollständigen Mangel aller und jeder Reste von Landthieren und Landpflanzen in jenen langen, die Hälfte des Gesammtalters der Erdveste umfassenden Primordialschichten hat man schließen wollen, daß bis gegen Ende der Silurzeiten ein allgemeines Meer das Erdenrund umflossen haben müsse, daß weder kleinere, noch größere Inseln bis dahin aus der nassen Wüste hervorgetaucht seien. Es ist das ein offenbar völlig unberechtigter Schluß und im Gegentheil war der Wechsel der Oberflächenbildung damals wahrscheinlich ein häufigerer als später; bald hier, bald dort tauchte demgemäß eine mit grünen Meeresalgen bedeckte Insel, wie das mit grünem Kranze geschmückte Haupt eines Meeresgottes aus der lauen Fluth empor. Das thatsächliche Fehlen von Lebewesen des festen Landes in diesen Schichten beweist an sich gar nichts weiter, als daß das Meer damals der einzig *sichere* Mutterschooß alles Erdlebens gewesen ist, so lange das Festland und seine Süßwasser-Ansammlungen ihm keine dauernde und verläßliche Uebersiedelungsstätte boten. In diesem Sinne sehr treffend, legten die alten Hellenen, die wohl sahen, daß Alles aus dem Meere hervorgegangen ist, ihrem Gotte Poseidon den Namen des Urväterlichen (Patrogeneios) bei. Wahrscheinlich war das älteste Festland zu unbeständig, der Wechsel zwischen Trockenheit und Ueberschwemmung noch zu häufig, um auf ihm eine eigenartige Lebewelt gedeihen zu lassen, und in den seltenen Ausnahmefällen, in denen sie einige schüchternen Versuche, sich dem Land- und Luftleben anzupassen, einige unsichere Schritte auf dem

Festlande gemacht haben mag, wurde sie vermuthlich sehr bald von dem auf seine Alleinherrschaft eifersüchtigen Okeanos wieder verschlungen. Die jungen, an sich noch wenig zur Hinterlassung von Resten geeigneten Festlandswesen gingen um so sicherer wieder unter, je vollständiger sie bereits das Schwimmen verlernt hatten.

Wir haben aber nicht nöthig, uns durch den Gedanken einer leeren Wasserwüste schrecken zu lassen, wir dürfen uns recht wohl schon in den ältesten Zeiten einladende Ufer, steile Felsklippen, deren Brust mit lebhaft farbigen Luftalgen überzogen war, im Hintergrunde sogar grüne Berge vorstellen, die, wenn nicht mit Wäldern, so doch mit einem in der feuchten Atmosphäre üppig aufgrünenden Moosrasen bedeckt waren. Zarte einzellige oder einfache Ketten und Körnchen bildende Algen hatten sich ans Land gewagt, wie sie noch heute jeden Herbst Baumrinden und feuchte Mauern mit freudig aufgrünendem Anflug auf der Wetterseite bekleiden und die Felsklippen in Nebel gehüllter Gebirgshäupter mit veilchenduftenden rostbraunen Algenketten überziehen. Dünne Faden- und Röhrenalgen, an einfache Lebensbedürfnisse gewöhnt, lernten vielleicht schon damals auf Algen- und Thierresten, welche die Brandung an's Ufer geworfen hatte, die Bequemlichkeit des Schmarotzerlebens kennen und sanken in Folge dessen auf eine niedrigere Allgemeinstufe der Entwicklung zurück, indem sie die gewöhnliche Strafe, welche die Natur auf das Aufgeben der selbständigen Ernährung gesetzt hat, empfingen. Sie wurden Fäulniß- oder Schimmelpilze und gründeten damit vielleicht erst das dem heiteren Lichtleben abgewendete Reich der im nächtlichen Dunkel, in Grüften und auf Verwesungsresten am üppigsten gedeihenden Pilze. Es giebt, wie Beyerinck und Andere gezeigt haben, noch heute viele Algen, die für gewöhnlich Autophyten, d. h. selbständig im Lichte gedeihende grüne Pflanzen sind, sich aber zu Saprophyten, d. h. auf stickstoffhaltiger organischer Substanz im Dunklen gedeihende Fäulnißpflanzen umzüchten lassen. Sie erzeugen zunächst noch grüne Körnchen in ihren Zellen, allein dieselben verlieren die scharfen Grenzen gegen das Protoplasma der Zelle und schließlich gelang es Krüger, durch anhaltende saprophytische Ernährung eine solche ursprünglich grüne Alge (Chlorella protothecoides) zur völligen Einstellung der Chlorophyllthätigkeit zu bringen, so daß sich dieselbe von der mit ihr zusammen im Schleimfluß der Bäume vorkommenden, stets farblosen (in den Kulturen weißen) Prototheca Zopfii in keiner Weise mehr unterscheidet.

Man kennt schon eine ganze Anzahl von Algen, die einer solchen doppelten Lebensweise (Amphitrophie) fähig sind und F. Ludwig hat eine besondere Klasse für solche direkt aus Algen erzogene Pilze aufgestellt, die er Neupilze (Caenomyceten) nennt. Ohne Zweifel wird dieser jetzt im Laboratorium des Botanikers geglückte Prozeß der Umzüchtung auch in der freien Natur häufig eingetreten sein, sobald niedere Algen mit organischen

Resten in dunklen Räumen in Berührung kamen, und es besteht kaum eine Schwierigkeit für den denkenden Naturforscher, aus solchen Anfängen das gesammte Pilzreich herzuleiten. Man hat nur anzunehmen, daß diese Zellen und ihre Abkömmlinge allmälig vollständig die Fähigkeit verloren haben, Chlorophyll zu bilden, auch wenn sie wieder ins Licht zurück gelangten, eine Annahme, die nicht weiter gewagt ist, wenn wir bedenken, daß selbst manche höhere Pflanzen, z. B. die Orchideen, die von Fäulnißstoffen leben und unmittelbare Verwandte grüner Pflanzen sind, dasselbe Verhalten zeigen. Ehe man diese Thatsachen kannte, lag es vielleicht näher anzunehmen, daß die Pilze unmittelbar, etwa als Schleimpilze auf dem Lufteinflusse ausgesetzten organischen Resten erschienen seien, wie die Lohblüthe und ihre Verwandten plötzlich so massenhaft auftreten, daß man meint, sie seien vom Himmel gefallen. Noch heute wird die freiwillige Entstehung niederer Pilzformen von vielen Naturforschern als sich fortwährend wiederholende Thatsache angenommen und die Pilze zeigen in ihrer Lebens- und Ernährungsweise (physiologisch), wie in ihrem Körperaufbau (morphologisch) so in die Augen springende Verschiedenheiten von den grünen Pflanzen, daß man ihnen eine Sonderstellung wohl zugestehen kann, die aber, wie gesagt, auch die Folge ihrer besondern Lebens- und Ernährungsweise sein mag.

Da ihnen das Blattgrün fehlt, so wird auch keine Stärke in den Pilzen gebildet, dagegen in allen Theilen Zuckerstoffe (Glykogene), Fette und stickstoffreiches Gewebe, wozu die Bestandtheile theils der Grundlage und theils der Luft und dem Wasser entnommen werden. Auch die höchstentwickelten Pilzformen bestehen nicht wie die Algen und höheren Pflanzen aus rundlich vieleckigen Zellen mit zum Theil verholzenden Wandungen, sondern aus einer besondern Art langgestreckter, dünnwandiger, meist kernloser Schläuche (Hyphen). Bei vielen Pilzen bleiben diese verästelten Schlauchzellen nahezu frei, oder verweben sich so lose, daß sie nur eine flockige Masse darstellen. Bei andern vereinigen sie sich zu dichteren Körpern von charakteristischer Form: zu Strängen, Ueberzügen auf organischen Massen, Knollen, Fruchtträgern u. s. w.; sie bilden dabei manchmal ein Scheinzellengewebe (Pseudoparenchym), welches sich zu knorpelharten Dauerkörpern, sog. Sklerotien verdichten kann. Alle Pilze, sowohl die verschwindend kleinen, welche sich, Krankheiten hervorrufend, in dem Zellgewebe anderer Lebewesen einnisten, als die großen Hut- und Schirmträger, beginnen ihr Dasein als ein aus einem einzelligen Keim (Spore) hervorgehendes, schimmelartiges, manchen niedern Fadenalgen ähnliches Gebilde, welches sich bei den Flüssigkeitspilzen (Fig. 300) im Feuchten, bei den auf lebenden Pflanzen und Thieren schmarotzenden, in deren Zellengewebe, bei den Erdpilzen in der humusreichen Erde ausbreitet. Aus diesem meist im Dunklen bleibenden Nähr- und Muttergewebe (Mycelium) steigt dann erst der Fruchtstand in Form von Flecken, Knöpfchen oder Pusteln an die

Oberfläche der von den Pilzen befallenen Pflanzen und Thiere, oder in Gestalt von Aehren, Hüten, Schirmen, Bechern, Keulen und Kugeln oder selbst unter der Maske blumenartiger Gebilde aus der Erde, und dieser Fruchtstand ist eben dasjenige, was den meisten Menschen, wenn sie von Pilzen sprechen, gewöhnlich allein vorschwebt.

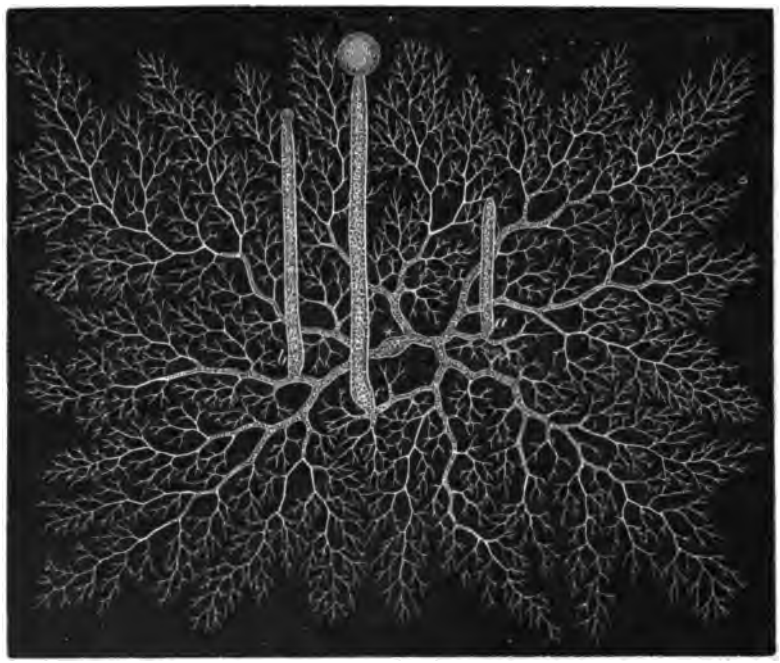


Fig. 300.
Kopfschimmel (Mucor Mucedo). Stark vergrößert.

Eine Thatsache, die lebhaft für die Abstammung der Pilze von den Algen spricht, und sie demnach als degenerirte Algen, die in ihren Fähigkeiten zurückgegangen sind, betrachten lehrt, liegt in dem Verhalten, daß gerade die höheren Pilze die Fähigkeit einer geschlechtlichen Fortpflanzung gänzlich verloren zu haben scheinen, während eine solche bei den niedern, einzelligen, den Algen noch näher stehenden Wasser- oder Algenpilzen (Phycomyceten) noch vorhanden ist. Es würde dies in gewisser Weise der oft im Thierreich wahrzunehmenden Thatsache entsprechen, daß die Jungen vieler Schmarotzenthiere mit höheren Fähigkeiten und Organen begabte Wesen sind, als die alten ausgebildeten Schmarotzer (vgl. S. 282, 354 und 396). Man theilt diese Algenpilze nach der Art ihrer geschlechtlichen Fortpflanzung in zwei Abtheilungen: Brückenpilze (Zygomyceten),

die durch Verbindung (Kopulation) zweier Mycelzweige in der Art der Konjugaten (S. 223) unter den Algen Zygosporen erzeugen und in Ei-Pilze (Domyceten), bei denen durch wirkliche Befruchtung von Eizellen, die in besondern Behältern (Dogonien) gebildet werden, Ei-Sporen (Dosporen) entstehen. Neben diesen geschlechtlich erzeugten Keimzellen treten aber auch hier ungeschlechtliche Vermehrungszellen auf, welche bei den höhern Pilzen die ersteren vollständig verdrängt haben.

Unter den Zygomyceten sind gewisse Schimmelarten (Mucoraceen) am bekanntesten und viele von ihnen zeigen unter dem Mikroskop äußerst zierliche Bildungen. Bei dem Kopfschimmel (Mucor Mucedo Fig. 300), der im Brote, auf Fruchtsäften u. s. w. den allbekannten „Schimmel" bildet, sehen wir ein solches einzelliges, aber unendlich im Nährgrunde verzweigtes Muttergewebe (Mycelium), welches sich aus einer Spore, deren Platz ein Sternchen (*) zeigt, entwickelt hat. Aus ihm steigen senkrecht drei ungeschlechtliche Sporenträger (a b c) empor, von denen c der jüngste, a der älteste ist. Sie schwellen an der Spitze kugelförmig zu Köpfchen an, welche sich von ihrem Träger abschnüren, und in ihrem Innern sehr zahlreiche Keimzellen (Endosporen) bilden. Wird diese Sporangienbildung durch Niederdrückung der Anlagen oder durch Entziehung des Sauerstoffzutritts gehindert, so entstehen bei diesen und verwandten Arten Keimzellen durch Kopulation (Fig. 301): zwei Zweige nähern sich (a), schwellen an der Berührungsstelle keulenförmig an (b), schnüren zwei Kopulationszellen ($\alpha\,\beta$) ab, die sich vereinen und eine Zygospore (d) bilden, ganz wie wir das bei den Conjugaten unter den Algen gesehen haben (S. 223).

Fig. 301.
Kopulirende Zellen von Mucor stolonifer.

Bei den Ei-Pilzen (Domyceten) zu denen die Pflanzen und Thiere, namentlich Insekten befallenden und zum Theil tödtenden Entomophthoraceen, Chytridiaceen, Peronosporaceen und Saprolegnien gehören, deren Sporen man gezüchtet hat, um schädliche Insekten damit anzustecken, bilden sich große Eibehälter (Dosporangien Fig. 302 a), in denen eine oder mehrere Eizellen reifen. An das Dosporangium legt sich dann ein Zweig des Pilzlagers an, dessen Endzelle sich zum sogenannten Antheridium (b) ausbildet und einen Befruchtungsschlauch durch die Wandung der Kapsel auf die darin enthaltenen Eizellen treibt. Viel häufiger und in größeren Massen bilden sich ungeschlechtliche Fortpflanzungssporen, heils sogenannte Conidien, d. h. frei entstehende Sporen, die sich oft

reihenweise von der Spitze eines Pilzfadens abschnüren, theils in Endkapseln entstehende, mit zwei Wimpern versehene Schwärmsporen, die vermöge ihrer Wimpern in Flüssigkeiten lustig umherschwimmen, bis sie eine Keimgelegenheit auf organischer Unterlage finden. Mitunter werden die Conidien, welche die Haupt-Ansteckungssporen darstellen, durch Wasserdruck nach allen Richtungen mehrere Centimeter weit fortgetrieben, wie bei dem sogenannten Fliegenschimmel (Empusa Muscae Fig. 303), der alljährlich im Herbst unzählige Fliegen tödtet, in deren an Fenstern, Wänden u. s. w. verendeten Körpern der Pilz sich entwickelt hat, und sie mit einer Staubglorie aus Conidien umgiebt, das sog. „Verstäuben" der Fliegen, welches Goethe lebhaft interessirte.

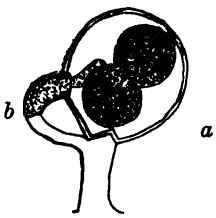


Fig. 203. Befruchtung bei Achlya racemosa. Nach de Bary. 300/1.

Die höheren Pilze (Mycomyceten) lassen sich als eine Weiterbildung der Brückenpilze (Zygomyceten) auffassen, haben aber die Algenähnlichkeit derselben abgestreift und sind in ihrer Lebensweise nicht mehr an das Wasser gebunden; sie sind Erdbewohner (terrestrische Pilze) geworden und haben gegliederte Pilzfäden (Hyphen) erlangt, dagegen die geschlechtliche Fortpflanzung völlig eingebüßt. Es tauchen zwar immer wieder Nachrichten auf, denen zufolge bald hier, bald da ein Forscher geschlechtliche Fortpflanzung auch bei höheren Pilzen beobachtet haben soll, aber diese Funde sind bisher noch immer widerlegt worden. Bei der reichlichen Bildung verschiedenartiger ungeschlechtlicher Keimzellen, die ihnen eigen ist, können sie der ersteren, die völlig erloschen scheint, entrathen. Wenn man sie trotz dessen als höhere Pilze bezeichnet, so kommt dafür der ungemeine Reichthum ihrer ungeschlechtlichen Vermehrungsarten, die sie aus den wenigen Formen der ungeschlechtlichen Sporenbildung bei Zygomyceten herausgebildet haben und die Formen-Mannigfaltigkeit ihrer Träger, das heißt des aus der Erde oder dem sonstigen Nährgrunde hervortretenden Theils, den wir gewöhnlich allein unmittelbar zu Gesichte bekommen, in Betracht. Dieser ganz erstaunliche Gestaltenreichthum, der sich ausschließlich auf ungeschlechtlichem Wege fortpflanzenden höheren Pilze liefert einen überzeugenden Beweis gegen die Richtigkeit der in neuerer Zeit aufgekommenen Lehre, daß die Formen-Mannigfaltigkeit der Wesen eine Folge gewisser bei der geschlechtlichen Fortpflanzung auftretenden Vorgänge sei, von denen später zu sprechen sein wird. Man theilt die höhern Pilze in zwei große Klassen, 1. in Schlauchpilze (Ascomyceten), die dadurch charakterisirt sind, daß sie keulen- oder kugelförmige Sporenschläuche (Asken) erzeugen, in denen durch freie Zellenbildung gewöhnlich 8, mitunter auch 2 bis 4, oder viele Innen- oder Schlauchsporen (Endo- oder Askosporen) gebildet werden,

Fig. 303. Fliegenschimmel.

neben denen aber noch mancherlei andere Sporenbildungen vorkommen, und 2. in Freisporenpilze (Basidiomyceten), welche sich nur durch freigebildete Sporen (Exosporen oder Conidien), die meist in der Vierzahl aus Pilzfäden mit vier Endspitzen (Basidien) hervorwachsen und abgeschnürt werden, fortpflanzen.

Zu den höhern Pilzen rechnet man auch die Hefenpilze, welche man nach Brefeld als die seit Urzeiten von der Menschheit kultivirten, in zuckerhaltigen Flüssigkeiten, wie Bierwürze, Traubensaft u. s. w. fortsprossenden Conidien höherer Pilze betrachtet. Sie zersetzen durch ihren Lebensprozeß, oder nach Buchner durch einen von ihnen gebildeten, abpreßbaren Saft, den Zucker unter Alkohol- und Kohlensäurebildung, wobei sie den Brod- und Kuchenteich locker auftreiben. Auch hat man aus ihnen verschiedenartig wirkende Abkömmlinge rein züchten können. Von welchen Gattungen höherer Pilze diese Hefen-Conidien abstammen, ist bisher unbekannt; man hat indessen aus den Conidien beider Abtheilungen der höhern Pilze, sowie selbst aus denen der Mucor-Arten (S. 452) Hefenpilze züchten können.

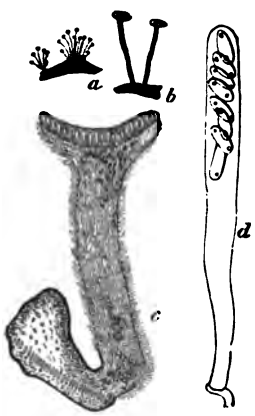


Fig. 304.
Sclerotinia Fuckeliana.
a, b Fruchtstände in natürlicher Größe, c Vergrößerung von b mit einem Apothecium, d ein achtsporiger Fruchtschlauch (Ascus) daraus stark vergrößert.

Die Schlauchpilze oder Askomyceten lassen sich in zwei Unterabtheilungen trennen, solche, bei denen die Sporenschläuche auf den Mycelzweigen erscheinen (Gymnoasci) und solche, bei denen sie über einer besondern Hautschicht (Hymenium) in anfangs geschlossenen Fruchtbehältern gebildet werden (Carpoasci). Von den Fruchtformen der letzteren mag uns ein kleiner Scheibenpilz der Weinrebe (Sclerotinia Fuckeliana Fig. 304) eine Vorstellung geben. Bei ihm erscheint der Schlauchfruchtstand (b c) in Form eines von einer Hülle (Peridie) umgebenen Fruchttellers (Apothecium), in welchem die innerhalb unfruchtbarer Fäden (Paraphysen) eingeschichteten meist achtsporigen Schlauchfrüchte oder Asken (d) reifen. Bei den weiter hierher gehörigen Kernpilzen (Pyrenomyceten), zu denen von bekannteren Pilzen der Mutterkorn-Erzeuger, ferner der hirschgeweihförmige, auf Baumstümpfen schmarotzende Holzpilz (Xylaria Hypoxylon), und die Keulenpilze (Cordyceps-Arten) gerechnet werden, deren Sporen auf lebenden und todten Insekten und Insektenlarven keimen, dann in ihre Körper eindringen und erstere tödten, liegen die Schlauchfrüchte in kleinen in die Oberfläche des Fruchtkörpers versenkten Büchschen (Perithecien). Die Cordyceps-Arten, deren Muttergewebe (Mycelium) den Inhalt der befallenen Insekten, z. B. zur Verpuppung in die Erde gegangener Schmetterlingsraupen (Fig. 305) vollständig aufzehrt und dieselben wie Aus-

stopfungsmaterial mit seinen Fäden zuletzt völlig erfüllt, gaben in früheren Jahrhunderten Anlaß zu den Sagen von Thierpflanzen, d. h. von Thieren, die sich in Pilze verwandeln, oder während der einen Hälfte ihres Lebens Thier und während der andern Pflanze seien. Aus dem in der Erde vergrabenen Insekt wächst nämlich der Fruchtträger als ein oft lebhaft gefärbtes zungen-, hirschgeweih- oder keulenförmiges Gebilde empor, dessen scheinbare Wurzel, wenn man es sorgsam aus der Erde herausgräbt, eine oft wohlerhaltene Insektenleiche bildet. Die in Fig. 305 dargestellte Art ist das Awete oder Hotete der Neuseeländer, welches von denselben eifrig gesucht und verzehrt wird, während die Chinesen die Keulen einer andern Art (Cordyceps sinensis) unter dem Namen „Sommerpflanze und Winterwurm" als kostbares Arzneimittel in den Apotheken halten. Manche dieser Pilze sind im Naturhaushalt äußerst nützlich, indem sie die Larven schädlicher Insekten, die in großen Massen als Plage aufgetreten sind, wie z. B. bei uns die Winterfaateule oder die Kiefernspinner schaarenweise befallen und tödten.

Die meisten dieser Schlauchpilze erzeugen neben ihren Fruchtschläuchen noch zahlreiche Conidien-Generationen, welche von oft verzweigten Pilzfäden unzählige staubförmige Sporen abschnüren, die sich als wirksamstes Verbreitungs- und Ansteckungsmittel für widerstandslose Pflanzen und Thiere, recht eigentlich als Angriffswaffen im Kampfe ums Dasein bewähren. Wir sehen einen solchen Conidien-Rasen der oben abgebildeten Sclerotinia bei a in Fig. 304 dargestellt, denselben vergrößert zeigt Fig. 306. Dieser Rasen war schon früher, ehe man wußte, daß er eine besondere Fruchtform jenes Scheibenpilzes darstellt, als grauer Traubenschimmel (Botrytis cinerea) bekannt, und in ähnlicher Weise hat sich der Seidenraupenschimmel (Botrytis Bassiana), welcher die gefürchtete Kalksucht (Muscardine-Krankheit) der Seidenraupen erzeugt, als die Conidien-Generation einer der ebenerwähnten Keulenpilz-(Cordyceps-)Arten herausgestellt. Die Conidien-Rasen der Schlauchpilze erscheinen in der Regel früher als die Schlauchfrüchte, und man kennt solche Isaria-Pilze, die sich vorzugsweise durch Conidien fortpflanzen und es nur höchst selten zur Bildung von Schlauchfrüchten bringen. Die keimenden Conidien erzeugen aber denselben Pilz und dieselbe Pflanzen- oder Thier-

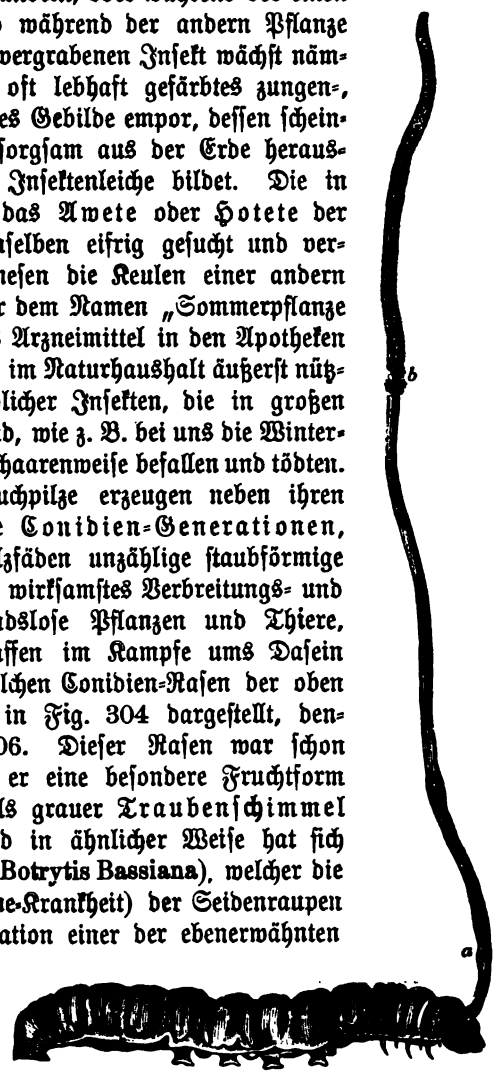


Fig. 305.
Cordyceps Robertsii auf der Raupe von Hepialus virescens. a Stiel des Fruchtkörpers, b Schlauchfrüchte.

krankheit wie die Schlauchsporen derselben Art und sind allem Anschein nach die wirksameren Verbreiter von Pflanzen und Thierkrankheiten im Dienste der zerstörenden Mächte der Natur, die uns nur dann willkommen sind, wenn sie sich gegen unsre Feinde richten.

Die unsre Kulturpflanzen bedrohenden Mehlthaupilze (Perisporiaceen) gehören ebenfalls zu den Schlauchpilzen, und es sei hier nur des Traubenpilzes (Erysiphe Tuckeri) gedacht der auf den Blättern und jungen Früchten des Weinstocks wuchert, und durch Ueberspinnen der Trauben mit seinen Fäden deren Wachsthum hindert, sie zum Bersten, Schimmeln und zur Fäulniß bringt, d. h. die gefürchtete Traubenkrankheit erzeugt. Von diesem wahrscheinlich 1845 aus Nordamerika eingeschleppten Pilz, der durch Bestreuen mit Schwefelpulver bekämpft wird, kennt man nur die Conidienform, die früher Oidium Tuckeri genannt wurde. Um von den Schlauchpilzen aber mit einer freundlicheren Erinnerung zu scheiden, erwähnen wir noch, daß zu ihnen auch die wohlschmeckenden Morcheln und Lorcheln (Helvellaceen) und die im Innern der Erde, meist auf den Wurzeln lebender Pflanzen und Bäume schmarotzenden Trüffeln (Tuberaceen) gehören.

Fig. 306.
Sclerotinia Fuckeliana, die unter dem Namen Botrytis cinerea bekannte Conidienform derselben. a Conidienträger, b Gipfel eines solchen, c keimende Conidie.

Die Basidienpilze (Basidiomyceten), zu denen die am höchsten gegliederten Pilzformen, die Hutpilze und Blumenpilze gehören, leiten sich gleich den Schlauchpilzen von den Brückenpilzen (Zygomyceten) her und beide Klassen sind durch Mittel- oder Uebergangsformen, die man als Hemiasci und Hemibasidii bezeichnet, mit jenen verbunden. Die Basidienpilze besitzen keine Schlauchsporen, sondern vermehren sich nur durch an Pilzfäden frei sprossende Conidien, die aber mannigfache Formen annehmen. Die Hauptformen sind die Basidien-Sporen, d. h. Conidien, die aus einem Pilzfaden (Basidie) hervorsprossen, welcher bestimmte Gestalt annimmt. Man unterscheidet Urbasidien (Protobasidien), durch 4 bis 5 Scheidewände getheilte Pilzfäden, die seitlich aus jeder Abtheilung eine Conidie hervorsprossen lassen, und für die Unterklasse der Protobasidiomyceten charakteristisch sind, und eigentliche Basidien (Autobasidien Fig. 307), die in bestimmter Zahl, meist zu vieren, aus ebensovielen Gipfeläsen der Basidie hervorsprossen und die Fruchtform der obersten Pilze (Autobasidiomyceten) darstellen. Neben dieser Hauptfruchtform kommen aber noch zahlreiche andere (mit alleiniger Ausnahme von Schlauchfrüchten vor, namentlich die Brandsporen (Chlamydo-

sporen), die oft von so beständiger brauner oder schwarzer Farbe sind, daß die Chinesen und Japaner sie als Aquarellfarben benutzen.

Unter den niedern oder Proto-Basidiomyceten, zu denen die Brandroſtpilze (Uredinaceen), Ohrenpilze (Auriculariaceen) und Zitterpilze (Tremellinaceen) gerechnet werden, bilden die ersteren ein lehrreiches Gegenstück zu den ihren Wirth wechselnden und daher einen mehrfachen Generationswechsel zeigenden Schmarotzer-Würmern (S. 276 ff.), sofern auch diese Schmarotzerpilze von einer Pflanze auf die andere übergehen müssen, um ihren Entwicklungskreis zu durchlaufen. Werfen wir

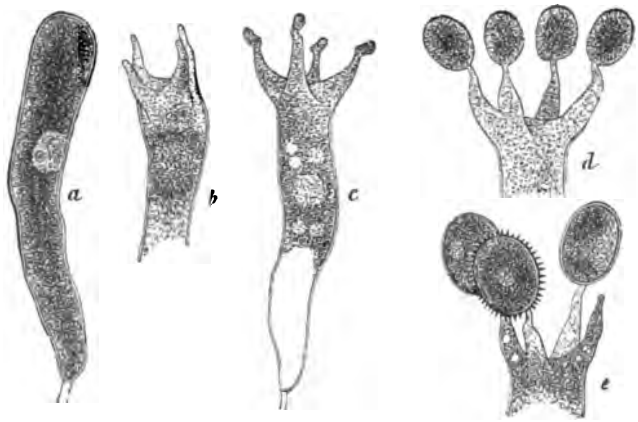


Fig. 307.
Autobasidien des Rindenpilzes (Corticium) in verschiedenen Entwicklungszuständen a—e.

einen Blick auf die Lebensweise des Gras- oder Getreide-Roſtes (Puccinia graminis Fig. 308 und 309), so haben wir bei ihm nicht weniger als fünf Entwicklungsfolgen (Generationen) zu unterscheiden. Das Sporenlager der Brand- oder Sommersporen erscheint im Juli auf den grünen Theilen der Graspflanzen oder des Getreides in Form gelbbrauner, länglicher Pusteln (Fig. 308 A), welche die Oberhaut sprengen und ihren Inhalt entleeren. Die eiförmigen Sommersporen mit farbloser Haut und braungelbem Inhalt treiben aus ihren 2 bis 3 Keimsporen Keimfäden hervor (Fig. 308 B) die durch die Spaltöffnungen der Graspflanze eindringen und in deren Gewebe ein neues Mycel bilden, welches als zweite Brandsporen-Generation in länglichen schwarzen Pusteln (Sporenlagern C) erscheint, nach denen dieser Roſt, der zweizellige Wintersporen (Teleutosporen D) mit schwarzbrauner Wandung und farblosem Inhalt erzeugt, Schwarzroſt genannt wird. Im nächsten Frühjahr keimen diese Wintersporen und treiben Keimfäden (Fig. 308 D a, b), die nicht unmittelbar in die Pflanze eindringen, sondern eine kurze Zellreihe, ein Promycelium als dritte Generation bilden, aus deren obersten Zellen sich Proto-

basidiensporen oder Sporidien (Fig. 308 D c) abschnüren, die der Wind auf den andern Wirth, der in diesem Fall meist ein Berberitzenstrauch (Berberis vulgaris) ist, hinführen muß, wenn sie keimen sollen. Ihre Keimfäden durchbohren die Oberhaut des Berberitzenblattes, und erzeugen in dessen Zellengewebe ein Mycel, welches, soweit es sich ausdehnt, das Blatt gelbroth färbt. Nach einigen Tagen erscheinen auf der Blattoberseite kleine krugförmige Behälter (Spermogonien Fig. 309 C b), welche in ihrem Innern durch Abschnürung stabförmige Conidien (Spermatien Fig. 309 D) erzeugen, und die vierte Generation darstellen. Einige Tage später entstehen aus demselben Mycelium auf der Unterseite des Blattes zierliche Becher- oder napfförmige Brandsporenlager, der die fünfte Generation darstellende Becherrost (Aecidium Fig. 309 A), von dessen Boden zahlreiche parallele Reihen kuglicher Zellen wie Perlschnüre (C f) ausgehen, Chlamydosporen, welche schließlich aus dem Becher herausstäuben und wenn sie auf Grasblätter fallen oder vom Winde darauf geweht werden, daselbst sogleich keimen können, wodurch wieder ein Mycel mit Sommersporen entsteht und der Kreislauf von vorn beginnt.

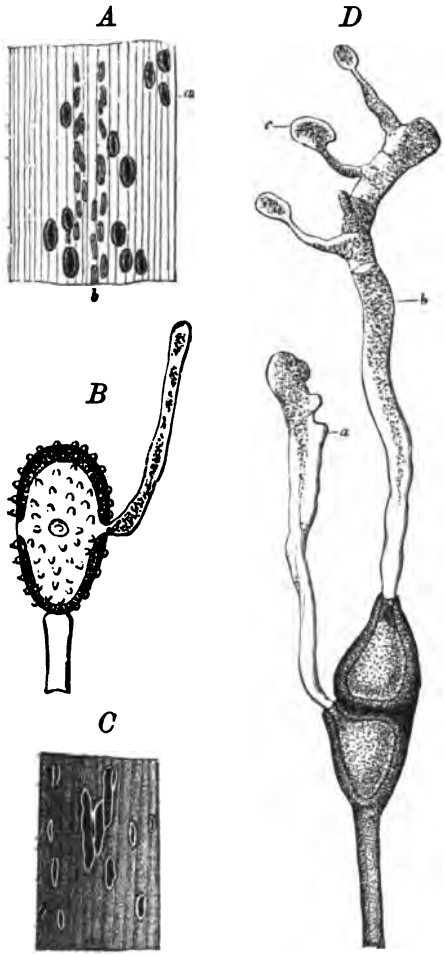


Fig. 308.
Puccinia graminis. Pustel-Generationen.

Erikson und Hennings haben in den letzten Jahren gegen 30 Formen von Getreiderost unterschieden, deren Becherform meist auf der Berberitze lebt, während die Pustelform immer nur auf eine bestimmte Getreideart (Roggen, Gerste, Weizen, Hafer) übergeht, so daß die Brandsporen des vom Weizen stammenden Becherrosts nicht mehr auf Roggen übergehen u. s. w. Es scheint demnach, daß die ursprünglich von gemeinsamer Ahnenform stammenden Getreidebrand-Arten der Gattung Puccinia sich nach den Nährgräsern verunähnlicht und neue Arten gebildet

haben, die aber meiſtens noch ihre Aecidium-Form auf Berberis ausbilden. Es ſcheint daher am beſten, die Berberitze überall aus der Nähe der Getreidefelder zu verbannen, doch ſoll ſchon eine wenig über 15 Meter hinausgehende Entfernung genügen, die Anſteckungsgefahr für das Getreide zu beſeitigen. Uebrigens würde, wenn ſich die neueren Anſchauungen Eriksſons bewähren ſollten, ſelbſt die gänzliche Ausrottung der Berberitze, des

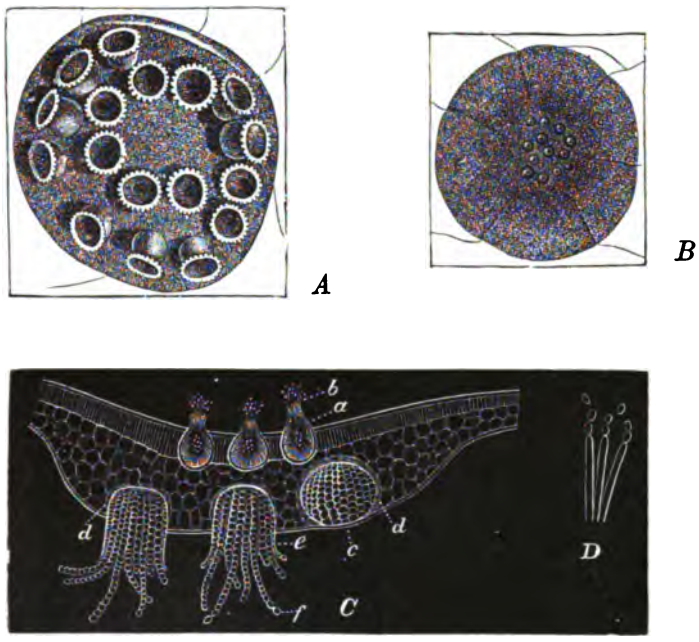


Fig 309.

Getreideroſt (Aecidium-Form). A ein Fleck von der Blattunterſeite von Berberis mit dem Becherroſt. B ein Fleck der Blattoberſeite mit den „Spermogonien". C Querſchnitt des Blattes mit den Spermogonien (a b) im Palliſaden-Parenchym; unten ein unreifes (c d) und zwei reife Aecidien (d, ef). D Spermatien bildende Fäden.

Zwiſchenwirths unſeres Getreideroſtes nicht viel mehr helfen, als die Gebete der den Brand für eine Strafe der Götter haltenden Römer, an die Roſtgöttin (Robigo), ihre Roſtfeiertage (Robigalien) und Hundeopfer, denn der ſchwediſche Forſcher meint, den Pflanzen, die einmal Roſt getragen hätten, theile ſich verborgenes Pilzplasma mit, welches bis in die Samen übergehe, ſo daß die jungen Pflanzen bei günſtigem Verhältniß, auch ohne Aecidium-Anſteckung wieder Brandpuſteln ausbildeten.

Die höhern Baſidien-Pilze (Autobaſidiomyceten), welche durch den Beſitz ausgebildeter Baſidien, wie ſie in Fig. 307 dargeſtellt ſind, charakteriſirt werden, umfaſſen die allgemein bekannten Abtheilungen der Haut- und Bauchpilze (Hymeno- und Gaſtero-Myceten), deren weißes Mycel

sich meist im Humus oder verwesendem Holz, selten schmarotzend auf noch lebenden organischen Körpern ausbreitet. Die Fruchtträger, welche in der Gestalt von Hüten, Schirmen, Korallenbüschen, Kugeln, aber auch in der von phantastischen Pilzblumen aus der Erde steigen, sind meist sehr vergänglich, mitunter nur eine Nacht dauernd; blos bei den Baumschwämmen (Polyporaceen) dauerhafter. Die Fruchtschicht (Hymenium) breitet sich in der ersten Abtheilung frei auf der Oberfläche besonderer, häufig hervorragender Theile der Träger auf Leisten, Kämmen, Stacheln, Röhrenwandungen u. s. w. aus, während sie bei den Bauchpilzen wenigstens anfangs in einem rings eingeschlossenen Behälter eingebettet liegt, der sich erst später öffnet. Von den allgemein bekannten Hutpilzen, unter denen sich so viele eßbare und wohlschmeckende Arten, neben freilich auch zahlreichen giftigen befinden, gehören nur der Steinpilz, Kapuzinerpilz und wenige andere zu den Löcherschwämmen (Boletus-Arten), die meisten zu den Blätterschwämmen (Agaricaceen), deren Name sich darauf bezieht, daß von dem Stiele des schirmförmigen Fruchtkörpers, zahlreiche dünne Platten (Lamellen) oder Blätter, welche die Basidien tragen, über die Unterseite des Hutes ausstrahlen und sich manchmal verzweigen.

Die Entwicklung der über dem Mycel aus der Erde emporsteigenden Fruchtkörper bildet mancherlei Eigenthümlichkeiten. Nur wenige Fruchtträger wachsen ohne Schleier oder Hülle (Volva) aus einem oder mehreren Mycelsträngen, welche die Nahrung herzuleiten, aus der Erde empor. Die meisten erscheinen anfangs mit einem Schleier, der bei den Champignons nur den Hut einhüllt, und beim Zerreißen einen obern Ring am Stiele zurückläßt, bei den meisten Arten aber den Hutträger von unten auf umgiebt, so daß der Pilz wie ein geschlossenes Ei aus der Erde steigt. Der stärker wachsende Stiel sprengt dann diese Hülle, deren Reste als Ring am untern Stiel sitzen bleiben, oder auch, wie beim Fliegenschwamm, als große weiße Fetzen auf dem rothen Hute haften. Da das Muttergewebe (Mycel) seine meiste Nahrung aus den Dung- und Humusstoffen des Bodens zieht, und sich darin centrifugal ausbreitet, so erheben sich die Fruchtkörper an der Peripherie des oft viele Jahre ausdauernden Mycels und bilden dann geschlossene Kreise, die alljährlich größere Durchmesser erreichen, im feuchtdunstigen England mitunter solche von über hundert Fuß Durchmesser. Während das Nährgewebe im Centrum wegen Erschöpfung des Bodens an Nährstoffen allmälig abstirbt, düngt der Pilzring am Umfange beim Absterben den Boden, so daß dort ein dunkelgrüner Grasring die Stelle noch über die kurze Dauer des Pilzringes hinaus bezeichnet. Das Volk, welches sich diese Erscheinung nicht zu erklären vermochte, sah darin Elfen- oder Hexenringe, die durch die nächtlichen Tänze dieser Phantasiewesen im Grase erzeugt würden, worauf Shakespeare im Sommernachtstraum wiederholt anspielt.

Die Hutpilze mit vollständiger Hülle machen den Uebergang zu den Bauchpilzen (Gasteromyceten), unter denen die Boviste (Lycoper-

baceen) und die oft ganz unterirdisch sich entwickelnden Hymenogastreen eine untere, die Phalloideen aber die oberste Stufe darstellen, und die vollendetsten Schöpfungen des Pilzreiches enthalten. Bei letzteren steigt der Fruchtkörper ebenfalls zunächst als eiförmiges Gebilde (Hexenei), welches den eigentlichen Fruchtträger einschließt, aus der Erde. Dieser bildet sich im Ei beinahe vollkommen aus, streckt sich dann, die Eihülle zersprengend und wächst oder dehnt sich vielmehr in wenigen Stunden zu einem schlanken Hutpilz, einer lebhaft siegellackroth gefärbten Gitterkugel (bei den Clathreen) oder fleischroth gefärbten, einer Nelke ähnlichen Blume (bei Aseroë) oder zu lebhaft gefärbten, korallenartig verzweigten Gebilden (bei Kalchbrennera) aus. Die anfangs trockene Fruchtmasse (gleba), welche an verschiedenen Theilen dieser blumenartigen Träger vertheilt ist, verflüssigt sich unter Ausstoßung eines durchdringenden, mitunter fruchtartigen, aber selten angenehmen Duftes, durch welchen Insekten angelockt werden, die vielleicht zur Verbreitung der in der flüssigen Fruchtmasse herabtropfenden Sporen beitragen mögen. Diese „Spitzen des Pilzreiches" bilden, indem sie durch lebhafte Farben und Düfte Insekten anlocken, ein Gegenstück zu den Blumen und ver-

Fig. 310.
Schleierdame (Dictyophora phalloidea). 2/3 der natürlichen Größe.
Nach Alfred Möllers „Brasilischen Pilzblumen" (Jena 1895).

dienen die Bezeichnung als Pilzblumen vollständig. Der in Fig. 310 abgebildete, in Sanct Catharina (Brasilien) als Schleierdame bezeichnete Pilz senkt, wenn er in den Nachmittagsstunden schleierlos aus dem Ei gestiegen ist, sein zartes Schleiernetz, wie Möller beobachtete, unter hörbarem Knistern unter dem Rande seines grünen Hutes hervor, so daß man sein Wachsthum (welches freilich wesentlich nur eine Dehnung des vorher fertig angelegten Gebildes ist) sieht und hört. Er entfaltet seine volle Schönheit, wie eine Nachtblume erst gegen Mitternacht, worauf er am nächsten Morgen schon hat im starken Verfalle begriffen ist. Ueber diese anmuthigen Gebilde hinaus das Pilzreich, welches neben grünen Pflanzen und Thieren eigentlich einen Lebenskreis für sich darstellt, nichts Höheres hervorgebracht.

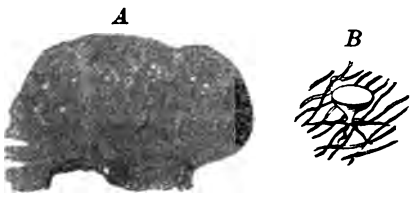


Fig. 311.
Coenogonium. A Natürliche Größe. B Ein Pilz daraus vergrößert.

Den Biologen sind die Pilze in neuerer Zeit höchst anziehend geworden, durch die Bündnisse, die sie mit grünen Pflanzen eingehen, um mit ihnen einen gemeinsamen Haushalt zu führen. Auf der Erde von verwesenden Stoffen zehrend, sehen wir an den Brand- und Schimmelpilzen, daß sie ihren Körper gern auch aus den Säften frischer Pflanzen, die sie freilich dabei krank machen, aufbauen, aber sie können auch Gegenseitigkeitsleistungen, für die Entnahme der Nährstoffe, welche die grünen Pflanzen im Lichte bereiten, anbieten, indem sie ihnen dafür Stickstoff zuführen, den sie sich, wie es scheint, direkt aus der Bodenluft aneignen können. Am frühesten erkannt wurden ihre Verbindungen mit grünen Körnchen- oder Fadenalgen, die in feuchter Luft auf Baumrinden und Felsen zu gedeihen im Stande sind. In den feuchten Wäldern Brasiliens und andrer Tropenländer siedeln sich in dem grünen Filze der Fadenalgen, welche dort häufig die Stämme und Aeste der Bäume bedecken, Schaaren kleiner, oft nicht mehr als Stecknadelkopf großer Pilze an, die von den Nahrungsstoffen, welche die grünen Algenfäden im Lichte bereiten, mitzehren, aber anscheinend keine weiteren Veränderungen hervorbringen, als daß sie mittelst ihres spärlich entwickelten Nährgewebes den Filz etwas mehr verdichten (Fig. 311). In diesen Gesellschaftspflanzen, die man als Coenogonium, Ephebe u. s. w. bezeichnet, ist Pilz und Alge

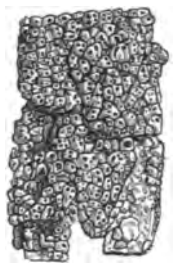


Fig. 312.
Porenflechte (Pertusaria communis).

Fig. 313.
Becherflechte (Cladonia pyxidata).

noch deutlich und mit bloßem Auge als getrennt nebeneinander lebend zu erkennen, und man bezeichnet sie als gemeinsames Wesen nur deshalb, weil der Pilz die Alge offenbar nicht schädigt, wie es der Brandpilz bei höhern Pflanzen thut, sondern mit ihr einen gedeihlichen, gemeinsamen Haushalt führt. Viel inniger wird das Bündniß der beiden so verschiedenartigen Pflanzen bei den Flechten (Lichenes), jenen kleinen, gewöhnlich fälschlich als „Moose" bezeichneten Pflanzen, welche Steine, Felsen, Mauern, Zäune, Baumrinden mit krustenartigen, mitunter lappigen Ueberzügen versehen, wie die Porenflechte (Fig. 312) oder die gelbe Wandflechte (Parmelia parietina), welche Baumstämme, Holz- und Steinwände mit bei Regenwetter lebhaft gelb werdenden lappigen Gebilden überzieht. Andere wachsen auf der Erde und bilden dort große weiße Lappen, wie die Hundsflechte (Peltigera canina) oder kleine Pokale wie die Becherflechte (Cladonia pyxidata Fig. 313), eine nahe Verwandte der wie mit rothem Siegellack betropften Cladonia pleurota im „Brockensträußchen", oder verzweigte Gesträuche, wie die Renthierflechte (Cladonia rangiferina) und das „isländische Moos" (Cetraria islandica). Noch andere hängen wie lange grau-grüne oder schwefelgelbe Bärte von den Aesten der Bäume herab, z. B. die Bartflechte (Usnea barbata Fig. 314). Gegen zweitausend verschiedene Flechtenformen waren von den Botanikern als eben so viele gute Pflanzenarten unterschieden worden, bis Schwendener vor etwa dreißig Jahren den Nachweis erbrachte, daß alle diese, scheinbar so individuelle Gestalten, Gesellschaften aus Pilzen und Algen seien, eine Erkenntniß, die nach einem verzweifelten Widerstande der Flechten-Systematiker durch Bornet, Stahl, Treub, Frank, Alfred Möller und andre Botaniker sowohl durch Zerlegung der Flechten in ihre beiden Bestandtheile, wie durch Zusammensetzung neuer Flechten aus denselben bewiesen wurde. Unter dem Mikroskope erkennt man bei Durchschnitten durch das Flechtenlager zerstreute grüne Kügelchen (Gonidien) oder grüne Zellenketten, die von Pilzhyphen umsponnen werden. Die Gonidien ergaben sich als Algentypen der Cyanophyceen, Protococcoideen, oder Nostoc-Arten (die grünen Zellketten in Fig. 315), die im Wasser frei wurden und weiterlebten, wenn man das farblose Hyphengewebe der Fäulniß überließ. Dieselben Algenarten, von denen eine ganze Anzahl sicher bestimmt werden konnte, kommen oft mit den Hyphen verschiedener Pilzarten zu sehr unähnlichen Flechten verbunden vor.

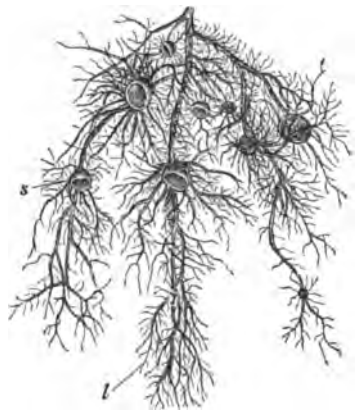


Fig. 314.
Bartflechte (Usnea barbata). s Apothecium.

Von den Pilzen sind es besonders die Schlauchpilze und unter diesen die Scheibenpilze (Diskomyceten Seite 454), die am häufigsten mit Algen flechtenbildend in Lebensgemeinschaft treten. Sie stecken in solchen Flechten, welche becherartige Keimbehälter (Apothecien Fig. 315) wie sie selbst (Fig. 304) bilden und wie wir sie z. B. bei der Becher- und Bartflechte (Fig. 313 und 314) wiederfinden. Auch die Kernpilze bilden Flechten und die oben abgebildete Porenflechte (Fig. 312) gehört zu den Kernpilz-Flechten. Seltener treten Basidienpilze in die Bildung des Flechtenkörpers ein, doch

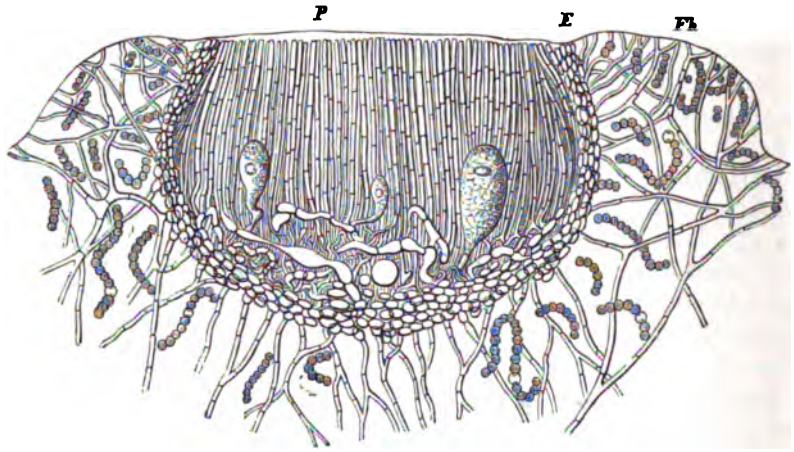


Fig. 315.

Vergrößerter Schnitt durch den jungen Keimbecher (Apothecium) einer Gallertflechte (Collema microphyllum). Fh Der aus farblosen Pilzfäden und gefärbten Algenketten einer Nostoc-Art gebildete Flechtenkörper (Thallus). E Rundzelliges Gewebe, welches die Schlauchschicht einschließt, in der drei junge Sporenschläuche entspringen, darüber parallel verlaufende Pilzfäden (Paraphysen). Nach E. Stahl.

sind immerhin eine ganze Anzahl namentlich in tropischen Gegenden heimischer Flechten gefunden worden, welche die Hyphen von Hautpilzen (Hymenomyceten) und Bauchpilzen (Gasteromyceten) enthalten. An der Bildung des individuellen Körpers und der äußern Erscheinung der Flechte dürften die Pilzfäden den Hauptantheil haben; sie spinnen die sich durch Theilung vermehrenden Algenzellen und Zellketten in eine Feuchtigkeit haltende Gewebehülle, die durch klammerartige Scheinwurzeln sich auf einer Unterlage festheftet und durch sie auch Nährstoffe aufnimmt. In dieser Pilzhülle leben die grünen Algen und bereiten Stärke und Zuckerstoffe, ähnlich wie im Leibe lebendiger Thiere (vgl. Seite 217). Aber die gegenseitige Anpassung der Pilz- und Algen-Elemente geht hier so weit, daß die Theilhaber der Firma wie die Organe eines und desselben Körpers wirken und auch individuelle chemische Körper (besondre Stärkearten, organische Säuren, Bitterstoffe, Farbstoffe, sogar giftige Stoffe) erzeugen, die keines der beiden morphologischen Elemente für sich hervorbringen könnte.

Wenn demnach auch die Flechten als einfache Pflanzenarten aufgehört haben zu zählen, so beanspruchen sie nichtsdestoweniger im System als zusammengesetzte Arten weitergeführt zu werden, denn sie treten uns als Individuen von sich gleichbleibender ausgeprägter Physiognomie entgegen.

Aber die Pilzfäden wagen sich auch an höhere Pflanzen heran, und gehen mit den Wurzeln derselben ähnliche Bündnisse ein, wie mit den Algen in den Flechten. Zuerst wurden derartige verpilzte Wurzeln 1880 von Rees an unsern Nadelhölzern erkannt, 1885 wies sie Frank bei den Cupuliferen (Eichen, Roth- und Weißbuchen, Haselnüssen, echten Kastanien u. s. w.) nach und später erkannte man die Pilzwurzel (Mycorhiza) als ein vielleicht bei der Mehrzahl aller Pflanzen vorkommendes Ernährungsorgan. Bei den genannten Laubbäumen unserer Wälder umspinnen Pilzhyphen die feineren und jüngeren Endverzweigungen der Wurzeln mit einer dichten Hülle (Fig. 316—320) aus eng aneinandergedrängten Pilzhyphen, die außen oft freie Pilzfasern ausstrecken, während sich endophyte Hyphen zwischen die äußern Zellen des Wurzelgewebes hineindrängen und dieselben oft völlig umspinnen. Diese hell- bis dunkelbräunlichen Pilzfutterale umschließen die letzten Wurzelverzweigungen der Bäume, welche ihre sog. Wurzelhaare verlieren, vollständig, und bilden oft verhältnißmäßig starke Ueberzüge der Wurzelverzweigungen, die gegenüber dem natürlichen Wachsthum (Fig. 317 a) eine verkürzte korallenartige Form annehmen. Manchmal bleibt trotz sehr dicker Mycorhiza-Hülle (Fig. 319 und 320) die Wurzel doch gestreckt und die abstehenden Pilzfasern der äußern Schicht erscheinen wie Wurzelhaare. Vergleichende Versuche haben ergeben, daß die erwähnten Waldbäume in einem Boden der mit solchen Mycorhizen bildenden Pilzen durchsetzt ist, besser gedeihen, als wenn sie in einem übrigens wohl gedüngten Boden gezogen werden, dessen mineralische Grundlage aber vorher sterilisirt, d. h. durch Erhitzung über 100 Grad von allen lebenden Pilzkörpern befreit worden war. Ja, manche Pflanzen haben sich derart an diese Hilfsmannschaften der Ernährung, als welche man die Pilzhyphen bezeichnen muß, gewöhnt, daß sie ohne solche nicht mehr gedeihen wollen; so z. B. viele unsrer Heidekräuter (Ericaceen),

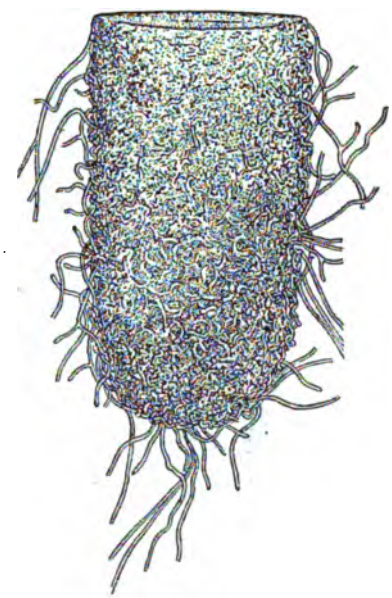


Fig. 316.
Spitze des Mycorhiza-Zweiges einer Rothbuche (Fagus sylvatica). 145/1. Nach Frank, Schriften der deutschen Botan. Gesellschaft.

die Verwandten unserer Blau- und Preißelbeeren (Vaccinieen), sowie zahlreiche Orchideen, während andere Pflanzen zwar ohne Pilzgenossenschaft wachsen, aber unter dem Einfluß derselben besser gedeihen. Schlicht und Janse fanden unter einer Anzahl auf's Gerathewohl gewählter Pflanzen aller Abtheilungen der Gesammtheit, weit über die Hälfte mit Pilzwurzeln versehen, darunter viele unserer gemeinsten und anscheinend genügsamsten Unkräuter, wie Ranunculus-, Bellis-, Taraxacum-Arten, sogar Farne und Moose.

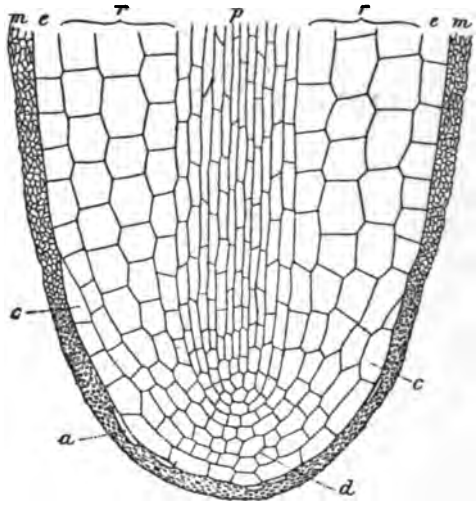


Fig. 317 und 318.
Mycorhiza der Weißbuche (Carpinus Betulus).
Endverzweigungen in natürlicher Größe und Längsschnitt der Spitze einer noch wachsenden Verzweigung, 480fach vergrößert. p Plerom, r r Periblem, c d e Zellschichten, aus denen Wurzelhaube und Epidermis hervorgehen. Nach Frank.

Unter etwa 500 von ihm untersuchten Orchideen traf Wahrlich nicht eine einzige Art ohne Mycorhiza. Manche dieser mit Pilzen verbündeten Orchideen verlieren dann aus ihren Geweben alles Blattgrün und leben gleich den Pilzen als reine Fäulnißpflanzen (Saprophyten); sie sind, wie Mac Dougal annimmt, vom symbiotischen Saprophytismus zum Voll-Saprophytismus gelangt.

Ueber die Rolle, welche die Pilzwurzeln bei der Ernährung der höhern Pflanzen spielen, hat man verschiedene Meinungen geltend gemacht. Zunächst kann man nicht daran zweifeln, daß die Bäume und niedern Pflanzen mit den Pilzwurzeln besser gedeihen, als ohne dieselben, obwohl die Pilze offenbar von den Kohlehydraten, welche die grüne Pflanze im Lichte bereitet und in die Wurzeln hinabsendet, mitzehren. Frank glaubte anfangs, daß die Pilze nur eine leichtere Aufnahme des Wassers und der Mineralstoffe, sowie der Stickstoffverbindungen des Bodens bewirken, aber Nobbe

und Hiltner haben (1898) gezeigt, daß manche, wenn nicht alle solche Pilze das Vermögen besitzen, Stickstoff aus der Bodenluft zu binden, und der höheren Pflanze zuzuführen. Hellriegel und Wilfarth hatten schon früher festgestellt, daß die Hülsenpflanzen (Leguminosen), wie Lupine, Erbsen, Serradella u. s. w., durch runde Knöllchen, die sich an ihren Wurzeln bilden, und niederste pilzartige Protisten (Bakterien und Streptothrix-artige Formen) enthalten, befähigt werden, auf ungedüngtem Sandboden

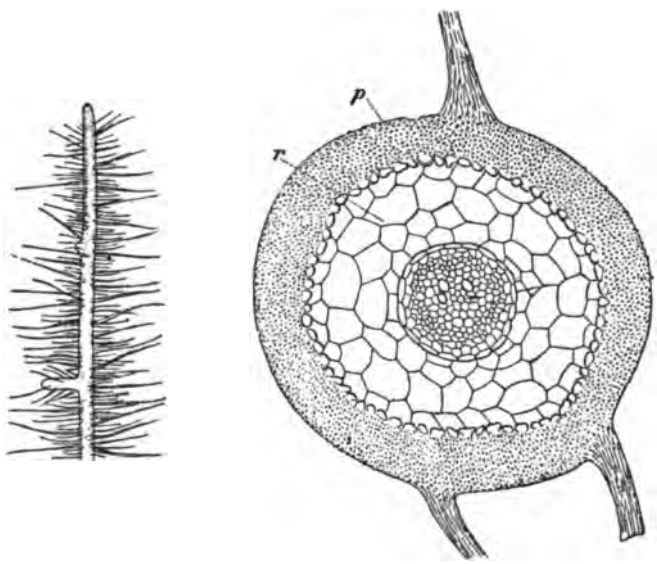


Fig. 319 und 320.
Langzottige Mycorhiza-Form der (Rothbuche Fagus sylvatica)
Aeußere Ansicht in siebenfacher Vergrößerung. Querschnitt 350fach vergrößert. r Rindenparenchym. p Pilzmantel.

zu wachsen und erhebliche Stickstoffmengen in ihrem Körper und in den Samen anzuhäufen. Schon die Römer kannten dieses Verhalten der Hülsenpflanzen und benutzten die Lupine, wie die heutigen Landwirthe, zur Düngung des Sandbodens, auf dem sie gewachsen ist; heute „impft" man bereits die Leguminosen-Felder mit künstlich gezüchteten Pilzkeimen (Nitragin). Aehnliche Pilzknollen findet man an Erlenwurzeln. Nobbe und Hiltner fanden in solchen Knollen, die in zwei Längsreihen an den Wurzeln ostasiatischer Coniferen (Podocarpus chinensis) sitzen, Pilzmycelien, deren Gewebe das Innere der Wurzeln in ihrer gesammten Länge durchwächst, eine endotrophe Mycorhiza bildet, und dadurch diese Nadelhölzer befähigt, in vollkommen stickstofffreiem Sande, dem nur die mineralischen Nährstoffe hinzugefügt waren, ebensogut, wenn nicht besser, als in fruchtbarem Humus zu gedeihen.

Was die Pilzarten anbetrifft, die sich zu den Bündnissen hergeben, so glaubte man erst, daß es nur unterirdisch fruchtende Schlauchpilze, Trüffeln seien, welche die Waldbäume im Wachsthum unterstützen und sich dafür von ihnen mit ernähren lassen. So fand Rees in den Hyphen der Hirschtrüffel (Elaphomyces cervinus) den Bundesgenossen mehrerer Nadelhölzer und Frank vermuthete in den eßbaren Trüffeln, die vorzugsweise unter Eichen, Buchen und Kastanien-Beständen vorkommen, den Tischgenossen und Miternährer der Cupuliferen. Die Bewohner der Mittelmeerländer wissen seit langer Zeit, daß ihre Terfas-Trüffeln (Terfezia-Arten) nur an Orten vorkommen, wo an der Oberfläche Hypericum guttatum, das sie daher auch „Trüffelmutter" nennen, wächst. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß sehr verschiedene Pilze, nämlich Ei-, Kern-, Haut- und Bauchpilze (Do-, Pyreno-, Hymeno- und Gasteromyceten) sich gegen geringen Entgelt als Dienerschaft der höheren Pflanzen verdingen, obwohl dazu gegenseitige Gewöhnung an einander (Anpassung) gehört und die höhere Pflanze nicht mit jeder beliebigen Pilzart in Lebensgemeinschaft (Symbiose) treten kann. Der Podocarpus-Pilz scheint zu den Peronospora-Arten (Domyceten) zu gehören. Solche Bündnisse der Pilze mit niedern und höheren grünen Pflanzen sind gewiß sehr alt und die Flechten, welche bei ihrer Fähigkeit, blos von Luft und Wasser auf der dürrsten Unterlage zu gedeihen, noch heute zu den Pionieren der Pflanzenwelt gehören, die das vulkanische oder verwitternde Gestein zuerst beziehen und den Boden durch ihre Verwesung für das Gedeihen höherer Pflanzen geeignet machen, übten gewiß bereits in frühester Vorzeit diese ersprießliche Thätigkeit.

Fig. 321. Riellia helicophylla (Algier). Natürl. Größe.

Unter den echten Landpflanzen reicht die Familie der Lebermoose in ihren niedersten Formen so nahe an die Laubalgen mittlerer Organisationshöhe heran, daß man ein Recht hätte, sie ihnen unmittelbar anzureihen, zumal sie, obwohl sie meist auf dem Lande leben, ihre Hauptlebensfunktionen in der feuchten Jahreszeit verrichten und ein amphibisches Dasein führen. In den Seen der Mittelmeerländer leben Arten einer kleinen eigenthümlichen Lebermoosgattung (Riellia Fig. 321), die ihren gesammten Lebenskreis unter dem Wasserspiegel am flachen Ufer vollenden. Eine Rippe des Stengels bildet einen wendeltreppenartig gewundenen Flügel vom schönsten Grün, welcher kleine Stengelblättchen durchschimmern läßt. Man kennt ähnliche fossile Gebilde (Spirophyton aus dem untern Devon) und auch ähnlich geformte lebende Algen (Volubilaria, Thalassiophyllum), denen aber die kleinen Moosblätter fehlen. Zu der Gattung Riccia gehören einige Arten, die auf der Wasseroberfläche schwimmend, lustig weitervegetiren, aber nur auf dem Lande, wo sie kleine zierliche Rosetten bilden,

zur Fruchtreife gelangen. Bei den in Deutſchland nicht ſelten auf feuchtem Lehmboden vorkommenden Gattungen Anthoceros und Pellia wächſt die Spore unmittelbar und ohne Vorausgehen eines ſogenannten Vorkeims zum algenartigen Thallus aus, bei dem ſich noch keinerlei Gliederung von Blatt und Achſe vollzogen hat, und der zuweilen, gablig ſich verzweigend, eine winzige Roſette am feuchten Boden darſtellt. In kleinen, regellos ſtehenden Vertiefungen dieſes Thallus erzeugen ſich männliche und weibliche Zellen, von denen die erſteren, wenn Regen oder Thau die ganze Pflanze unter Waſſer ſetzen, ausſchwärmen und die letzteren befruchten, in ganz analoger Weiſe, wie wir es bei den Brauntangen geſehen haben. Nach der Befruchtung wächſt ein Stiel empor, der in einer gewöhnlich vierklappigen Kapſel neue Keimzellen (Sporen) erzeugt.

Fig. 322.
Fegatella conica, ein deutſches Lebermoos.

Bei etwas höher ſtehenden Lebermooſen iſt dieſer bandartige, an Algen erinnernde Thallus der niederſten Formen nur noch ein embryonales Durchgangsgebilde der Entwicklung, welches man Vorkeim (Prothallium oder Protonema) nennt, wenn man will, eine Art Larvenform, aus der dann unmittelbar das in der Tracht ebenfalls noch ſehr an Algen erinnernde eigentliche Lebermoos hervorgeht. Wer öfters durch feuchte und ſchattige Gebirgsſpalten gewandert iſt, z. B. durch das Annathal bei Eiſenach, der wird die waſſerüberrieſelten Felſen hier und da mit gablig ſich verzweigenden ſmaragdgrünen, plattangedrückten, bis zollbreiten Bändern und Lappen, ähnlich Fig. 322 bedeckt geſehen haben, die ſich durch feine Wurzelhaare der Unterſeite auf dem Geſtein feſtklammern. Allein hier kann weder von echten Wurzeln, noch von wirklichen Blättern und Stämmchen die Rede ſein, das ganze Gebilde entſpricht dem, was man bei den Algen als Laub (Thallus) bezeichnet. Jedoch erheben ſich hier die weiblichen Organe auf beſondern Trägern, und bei dem verwandten Brunnen-Lebermoos (Marchantia polymorpha Fig. 64), welches man häufig an den Rändern alter Springbrunnenbecken ſieht, bilden männliche und weibliche Organe niedliche ſchirmförmige Blüthenquirle.

Aber in dieſer formenreichen Abtheilung, die eine nähere Betrachtung verdiente, da aus ihrem Schooße allem Anſcheine nach die ſämmtlichen höheren Kryptogamenklaſſen abzuleiten ſind, machen ſich vielfache Anläufe zu einer höheren Ausgeſtaltung des Laubes bemerkbar. Der Thallus erhebt ſich von dem Boden und bildet freie Blätter und Wedel nach, wie

wir an den beiden folgend abgebildeten Lebermooſen (Fig. 323 und 324) aus Neuſeeland ſehen, woſelbſt ein feuchtes Klima die Moosvegetation be-

Fig. 323.
Symphogyne hymenophyllum.

Fig. 324.
Symphogyne flabellata.

ſonders begünſtigt. Bei ihnen ſitzt die Hülle des weiblichen Organes unmittelbar auf dem bereits lebhaft an gablige Farnwedel erinnernden Laube, und aus ihr iſt der Stiel der vierklappigen Sporenkapſel emporgewachſen. Aber auch noch höher ausgebildete Formen, bei denen ſich das Laub bereits deutlich in Stengel und Blätter zu gliedern beginnt, treffen wir unter den Lebermooſen häufig genug an, und man darf nur in feuchten Wäldern die Rinde der Bäume genauer unterſuchen, um die zarten grünen Stämmchen der Jungermannien zu finden, die zweizeilig dicht mit kleinen Blättern beſetzt ſind, wie wir es in einem bei weiten vergrößerten Maßſtabe bei der Plagiochila gigantea aus Neuſeeland (Fig. 325) ſehen. Auch hier bleibt aber die ganze Ausbreitung des Laubes flächen- oder wedelartig, und ſelbſt da, wo an der Unterſeite noch eine dritte Reihe kleinerer Blätter auftritt, wird dieſer Habitus nicht verändert. Bei

Fig. 325.
Plagiochila gigantea (verkleinert).

den viel höher ſtehenden Selaginellen, welche den prachtvollen „Mooſraſen“ unſerer Wintergärten bilden, kehrt dieſer Habitus wieder.

Eine etwas höhere, entweder aus den Lebermooſen hervorgegangene, oder ihnen parallel entwickelte Gruppe bilden die Laubmooſe, deren Vorkeim (Fig. 326 B) täuſchend die Geſtalt gewiſſer Fadenalgen (Conferven) nachbildet, mitunter auch (z. B. bei den Torfmooſen) ſich zu einem flächenartigen Vorkeim wie bei den Lebermooſen ausbreitet. In dieſem „Algenzuſtand“, der mit ſeinen grünen Fäden zuweilen zollbreite Flächen überſpinnt, kann ein Moospflänzchen unter beſondern Umſtänden ziemlich lange verharren. In den meiſten Fällen jedoch bildet ſich an dieſem ſogenannten Vorkeim alsbald ein Seitenſproß (k), aus dem das eigentliche Laubmooſſtämmchen, mit deutlich geſonderten, wenn auch noch ſehr einfach gebildeten

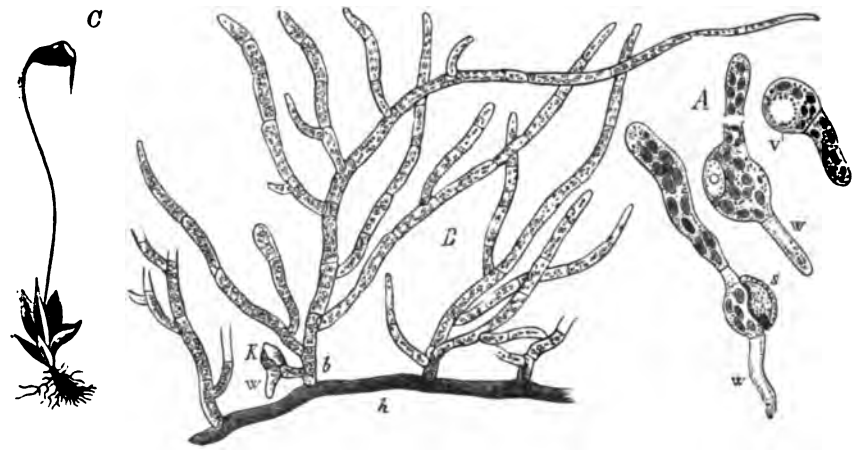


Fig. 326.

Keimende Sporen (A), algenartiger Vorkeim (B) und die erwachſene Pflanze (C) mit Sporenkapſel von Funaria hygrometrica. Bei K die Anlage des beblätterten Mooſſtengels. A 550mal, B 90mal vergrößert. s Spore, v Luftblaſe, w Haarwurzelzelle.

kleinen Blättern hervorgeht. Nach den Stellungsverhältniſſen dieſer Blätter können wir auch hier zwei Formen unterſcheiden. Entweder nämlich tauchen fiederartig Blatt auf Blatt in zwei Reihen an einer langgeſtreckten Mittelaxe hervor, ſo daß die ganze Belaubung flach gedrückt erſcheint, oder die Blätter vertheilen ſich ringsum in dichter Spirallinie um einen frei aufſteigenden Stamm. Auf dieſen beblätterten Stämmchen erſcheinen dann getrennte Blüthen von einfacher Bildung, aber es entſteht nach vollendeter Befruchtung wiederum kein Samen, ſondern die junge Pflanze wächſt ſogleich auf der Mutter in Geſtalt einer zierlichen Urne oder Büchſe aus, welche oft von einem dünnen Stiele getragen wird. In dieſen oft lebhaft braun gefärbten Mooſsbüchschen (Fig. 326 C), die im Frühjahr bei manchen Arten in dichten Maſſen, wie ein Speerwald, über die Mooſpolſter auf-

ragen, scheiden sich durch ungeschlechtliche Absprossung zahlreiche Knospenzellen (Sporen) ab, welche ausgesäet von Neuem den unmittelbar in die Geschlechtspflanze übergehenden, algenartigen Vorkeim erzeugen.

Man theilt die Laubmoose ein: 1. in Spaltfrüchtler (Schizocarpae), deren Kapseln sich, wie bei vielen Lebermoosen (vergl. Fig. 323 und 324) in vier Klappen öffnen, 2. in Schließfrüchtler (Cleistocarpae), deren Kapseln sich nicht freiwillig, sondern erst durch Verwesung öffnen und die Sporen freigeben, 3. Torfmoose (Sphagnaceae), bei denen sich die Kapsel mit einem Deckel öffnet, aber ohne Mundbesatz ist und 4. in deckelfrüchtige Moose mit Mundbesatz (Peristom) aus 4, 8, 16, 32 oder 64 zierlichen Zähnchen, die manchmal in doppeltem Kreise stehen (Stegocarpae Fig. 326 und 327). Zu den letzteren gehören die meisten und vollkommensten Moose, gegen 3000 Arten. Nicht ganz mit dem Fortschritte der äußern Gliederung auf gleicher Höhe zeigt sich die Arbeitstheilung unter den einzelnen Zellen durchgeführt. Zwar scheiden sich bereits deutlich die mehr rundlichen Innenzellen von den plattgedrückten Oberhautzellen, welche Spaltöffnungen zwischen sich lassen, um den Gasaustausch zu erleichtern, aber die langgestreckten Gefäßzellen, welche in Stamm und Blättern der höheren Pflanzen die Nerven und Gefäßbündel zusammensetzen und die Richtungslinien des Wachsthums bezeichnen, finden sich erst andeutungsweise bei den Torfmoosen, die nach dieser Richtung die höchstentwickelten Moose darstellen.

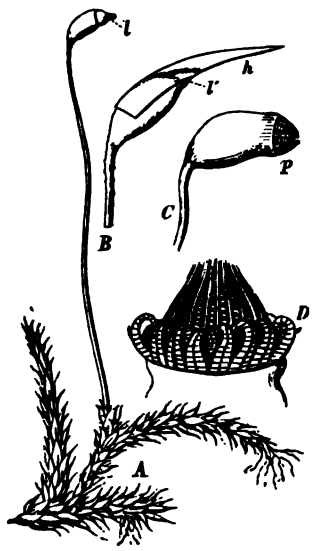


Fig. 327.
A Hypnum populeum. B und C Kapsel mit Haube h und Deckel l. C ohne diese, so daß das Peristom p sichtbar ist. D Peristom von Fontinalis antipyretica.

Von allen diesen grünbeblätterten Erstlingen des festen Landes hat das Archiv der Natur nur wenig erkennbare Reste hinterlassen; so zahlreich ihre zierliche Nachkommenschaft ist, sie kann uns nur allgemeine Andeutungen über die Beschaffenheit jener Algenkinder geben, die es zuerst erreicht haben, in der freien Luft zu leben. Wahrscheinlich geht ihr erstes Auftreten weit über die Silurzeit zurück, aber erst in der Steinkohle hat man erkennbare Spuren dieser vergänglichen Wesen (sog. Muscites) gefunden. Sie werden zuerst saftige Mooswiesen und auf Moorgrunde ruhende Miniaturwälder gebildet haben, denn die Moose sind, gerade wie die Pilze, Luftalgen und Flechten, selbst heute noch mehr vegetabilische Amphibien als vollkommne Luftwesen. Ihre Eigenheit, nur so lange luftig zu leben, als sie Feuchtigkeit im Ueberflusse besitzen, in der trockenen Jahres-

zeit aber mehr oder weniger in den Ruheſtand überzugehen, zeugt noch immer für ihre Abſtammung von Waſſerpflanzen, kennzeichnet ſie als Kinder des feuchten Elementes, die ſich nothdürftig dem Luftleben angepaßt haben.

Von dieſen älteſten Landpflanzen, deren Spur die Zeit vertilgt hat, weil ihr Leib wenig holzartige Theile beſaß, gingen in der Folge verſchiedene Nachkommen-Strahlungen aus, deren Fußtapfen man nebeneinander verfolgen kann, obwohl man ihre Angehörigen gewöhnlich wegen der ungefähr gleichmäßigen Ausbildungsſtufe zu der Abtheilung der farnartigen Pflanzen zuſammenfaßt. Es gehören hierher nämlich neben den Farnen im engeren Sinne, Wurzelfarne, Schafthalme und Bärlapp-Pflanzen oder Lycopodiaceen, vier in ihrer phyſiognomiſchen Ausprägung höchſt verſchiedenartige Pflanzengruppen. Am deutlichſten läßt ſich unter den Ueberlebenden der Anſchluß der echten Farne an moosartige Vorfahren erkennen. So verſchieden auch die prächtige Erſcheinung majeſtätiſch auf hohem Stamme ſich wiegender, einer kunſtvollen Spitzenarbeit gleichender Rieſenwedel eines Farnbaumes, von dem winzigen Lebermooſe ſein mag, welches an ſeinem Fuße hinkriecht, ſo bezeugen doch zahlreiche Uebergangsformen die nahe Verwandtſchaft. Es gilt dies namentlich von den zarten Hautfarnen (Hymenophyllaceen), deren Wedel gegen das Licht gehalten, ein einſchichtiges, tüllartig erſcheinendes Zellgewebe zeigen und an ihren Endverzweigungen Sporenurnen tragen, faſt wie die echten Mooſe, auch von den einfachſten, lappig lebermoosartigen Formen zu den zierlichſt ausgezackten fortſchreiten (Fig. 328).

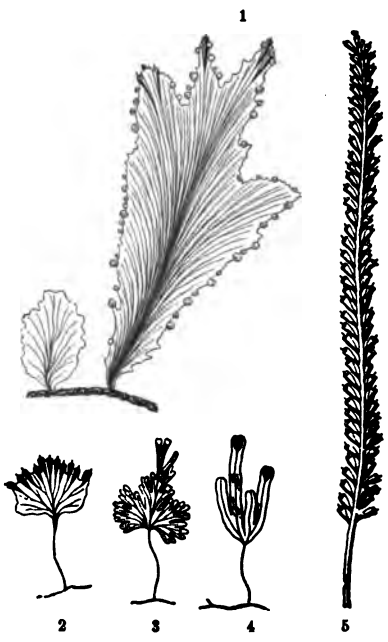


Fig. 328.
Verſchiedene kleinere Hautfarne in natürlicher Größe. 1 Didymoglossum membranaceum. 2, 3 Trichomanes cuspidatum und parvulum. 4 Didymoglossum digitatum. 5 Oberer Theil des Sporenträgers von Feea spicata.

Bei einigen Arten von Hautfarnen, z. B. bei Feea, beſteht der geſammte ſporentragende Wedel (Fig. 328$_5$) nur noch aus einem ährenförmigen Träger von „Mooſurnen", der deutlichſte Beweis, daß der Farnwedel kein Blattorgan, ſondern ein verzweigtes Stammorgan darſtellt. Dieſe „Urnen" gehen dann innerhalb der kleinen Familie unmerklich in die Sporenhäufchen über, welche hier am Rande, bei den höhern Farnen meiſt auf der geſchützteren Unterſeite der Wedel erſcheinen und den „unſichtbaren Samen" bergen, der ſeinerſeits unſichtbar machen, und nur in der Johannisnacht zu finden ſein

sollte. Auch die gesammte Entwicklungsweise der Hautfarne deutet auf Moosabstammung hin. Wie wir bei den Thieren die Ahnenbilder in den Larvenformen wiederkehren sahen, so gleicht der Vorkeim der Trichomanes-Arten ganz demjenigen der Laubmoose, namentlich dem unseres Torfmooses (Sphagnum); bei den etwas höherstehenden Hymenophyllum-Arten hingegen geht aus einem confervenartigen Faden, den man als Algenstadium bezeichnen könnte, ein lebermoosartiger Lappen (Moosstadium) hervor. Dieser blattartige Vorkeim (Prothallium), wie er nun bei den eigentlichen Farnen meist wiederkehrt, zeigt bei den Hautfarnen noch eine starke Aehnlichkeit mit einem Lebermoose, z. B. darin, daß er auf seiner Oberfläche, ganz wie viele Lebermoose, neben den in der Fläche eingesenkten männlichen und weiblichen Generationszellen ungeschlechtliche Brutzellen erzeugt. Da die Hautfarne unstreitig die einfachst gebaueten Farne sind, die sich am unmittelbarsten den Moosen anschließen, so ist es von Interesse, daß einer der ältesten, im fossilen Zustande gefundenen Farne, die devonische Gattung Archaeopteris (Palaeopteris) hibernica mit ziemlicher Sicherheit als zu dieser Gruppe gehörig erkannt worden ist. Aus der Steinkohlenzeit kennt man eine größere Anzahl muthmaßlicher Hautfarne, z. B. Sphenopteris trichomanoides und S. Humboldtii, Hymenophyllum Weissii u. A.

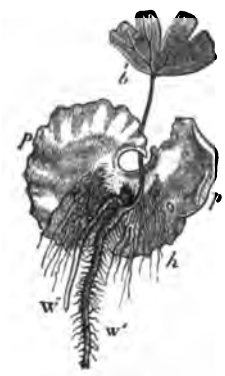


Fig. 329.
Vorkeim des Venushaar-Farns (p p) mit der nach der Befruchtung aus demselben erwachsenen jungen Pflanze (b), dreißigmal vergrößert. w h Farnwurzel und Wurzelhaare (nach J. Sachs).

Der Vorkeim der höheren Farne, welcher auch bei den reichverzweigtesten und ausgebildetsten Formen dieselbe lappige Form und Neigung zur gabligen Theilung zeigt (Fig. 329), entspricht also dem gesammten Lebermoosleben mit Ausnahme der Bildung des Sporenbehälters und seines Trägers, und kann, wie z. B. bei dem Königsfarn (Osmunda regalis), durch Sprossungen lange fortvegetirende, krause Rasen bilden, wie manche Amphibienlarven, die, im tiefen Wasser gehalten, in ihrer Weiterentwicklung aufgehalten werden. Und wie es nun bei manchen Lebermoosen der Fall ist, so erzeugen sich die männlichen und weiblichen Zellen in Gruben dieses lappigen Körpers selbst, und zwar auf der Unterseite desselben. Da nun dieses ganze Gebilde dicht an der Erdoberfläche bleibt, so können auch hier die beweglichen und fadenförmigen männlichen Zellen ihr Ziel, das Archegonium, schwimmend erreichen, und nun erst wächst aus der befruchteten weiblichen Zelle die junge Farnpflanze empor, sei es zum ein- oder mehrjährigen Kraute, oder zu einem vielleicht vierzig Fuß hohen, herrlichen Baume mit vieljähriger Lebensdauer.

Man sieht, wie hier die Pflanze gleich so vielen Thieren aus einem amphibischen Larvenzustande zu einem echten Luftorganismus sich umbildet,

und dieser Vorgang vollendete sich lange vor der Steinkohlenzeit. Schon damals zeigten die in zahlreichen Abdrücken erhaltenen Wedel (Fig. 69 und 70) dieselbe Zierlichkeit, durch welche sie noch heute den beschaulichen Naturfreund entzücken. Wie heute Moose und Gräser, schlossen sie sich gesellig wachsend zu üppigen Wiesen zusammen, auch zuweilen noch jetzt in dem feuchten Klima einiger Südseeinseln und von stolzen Stämmen getragen, breiteten viele andere ihre mächtigen Wedelsträuße wie leichte Sonnen-

Fig. 330.
Blechnum brasiliense, ein niedriger Baumfarn.

schirme und grüne Zeltdächer aus und zeigten den Thieren, welche unter ihnen Siesta hielten, den Himmel durch die schönsten Spitzen-Vorhänge, welche die Natur jemals gewebt und gestickt hat (Fig. 330). Diese künstlerisch vollendetste, poesievollste Erscheinung der gesammten Pflanzenwelt ist mithin eine der ältesten Schöpfungen des gedämpften Sonnenlichtes, und wir müßten an allem Fortschritt in der Morphologie der Pflanzen verzweifeln, wenn wir glauben sollten, diese scheinbaren „Blätter", deren Schönheit die Natur in späteren Zeiten nicht übertroffen hat, dürften einen solchen Vorrang ohne alles Bedenken beanspruchen. Allein die Natur ist hier sehr geheimnißvoll und was uns als wunderbar ausgezackte Blattform erscheint, ist nichts anderes als ein reich verzweigtes Astwerk, welches von einem dünnen, grünen, Nahrung bereitenden Zellgewebe umsäumt wird. Die jungen Wedel und in einzelnen Fällen auch noch die älteren sind dicht mit

bräunlichen Schuppenblättern bedeckt, fast wie Laubmoos- oder Bärlapp-Stengel und sehen dann in ihrer spiraligen Einrollung aus wie blonde Locken, die sich zu Bischofsstäben verlängern, ehe sie sich zu flachen Wedeln ausbreiten.

Nur bei sehr wenigen Farnarten, z. B. an den Kletterstämmen der Pachypleura-Arten bleiben diese eigentlichen und echten Blätter derselben erhalten, meistens wurden sie zu saftlosen Schuppen zurückgebildet, und verlieren sich an den oberirdischen Stengeltheilen ganz, weil die Aeste mit ihren flügelartigen Fortsätzen ihre ernährende Thätigkeit übernehmen, wenn sie ihren Wunderbau entfaltet haben. Ehemals und bis zur Steinkohlenzeit waren diese eigentlichen Blätter der Farne noch viel weniger zurückgebildet als heute. Man findet aus jener Zeit häufig blattartig geschlitzte Gebilde, sogenannte Aphlebien, die man sich anfangs gar nicht zu deuten wußte, bis man sie auch auf den Stengeln einzelner Farnwedel in ziemlich regelmäßiger Anordnung antraf (Fig. 331). Hier ist die Deutung der Aphlebien als echter Blätter der Farnwedel ohne Weiteres klar. Auch einige heute lebende Farne, namentlich Gleicheniaceen entwickeln noch solche Blätter an ihren Wedeln. Die Farnwedel gleichen und entsprechen daher auch in ihrer Verästelung genau den gegabelten oder fiedertheilig verzweigten Aesten vieler Selaginellen und Lycopodium-Arten und sie hinterließen auch bei älteren Farnen z. B. bei Sphenopteris Bäumleri (Fig. 332) zuweilen auf den Stielen ähnliche schraubenförmige, von abgefallenen Blättern herrührende Felderungen, wie die entblätterten Aeste der Schuppenbäume (Lepidophyten) sie zeigen. Während echte Blätter am Grunde weiterwachsen, wachsen die Farnwedel wie jeder echte Ast an der Spitze, die sich, bis der Umriß vollendet ist, unaufhörlich gabelt, worauf sich diese Zweitheilung an jedem Abschnitte wiederholt. Je nachdem die beiden jüngsten Spitzen gleichmäßig fortwachsen, oder abwechselnd die rechte

Fig. 331.
1 Verkleinertes Wedelstück von Sphenopteris crenata mit Aphlebien. 2 Eine der letzteren in natürl. Größe. 3 Eine Aphlebie aus der Kohle von Zwickau.

oder linke Aſtſpitze die Führung nimmt und ihre Nachbarin zur Seite drängt, entſteht nach dem einfachſten Bildungsgeſetze von der Welt, dieſer Reichthum gabelig (dichotomiſch) oder fiederartig ausgezackter Wedel, deren Schönheit ſelbſt das verwöhnteſte Auge entzückt. Allein wohlgemerkt, nur als Stengelbildung gedacht, kann dieſer Proceß ein einfacher genannt werden, und dann ſteht er ganz im Einklang mit dem Wachsthum der gleichſtufigen Schafthalme und Schuppenbäume, bei denen die Aſtbildung ſchon die höchſte Vollendung erreicht, während die Blätter auf niederſter Stufe verharren. Wie wir früher von einer einfachen Zelle gehört haben, welche eine höhere Pflanze mit Wurzeln, Stamm und Blättern nachahmt, ſo ſehen wir hier ver-

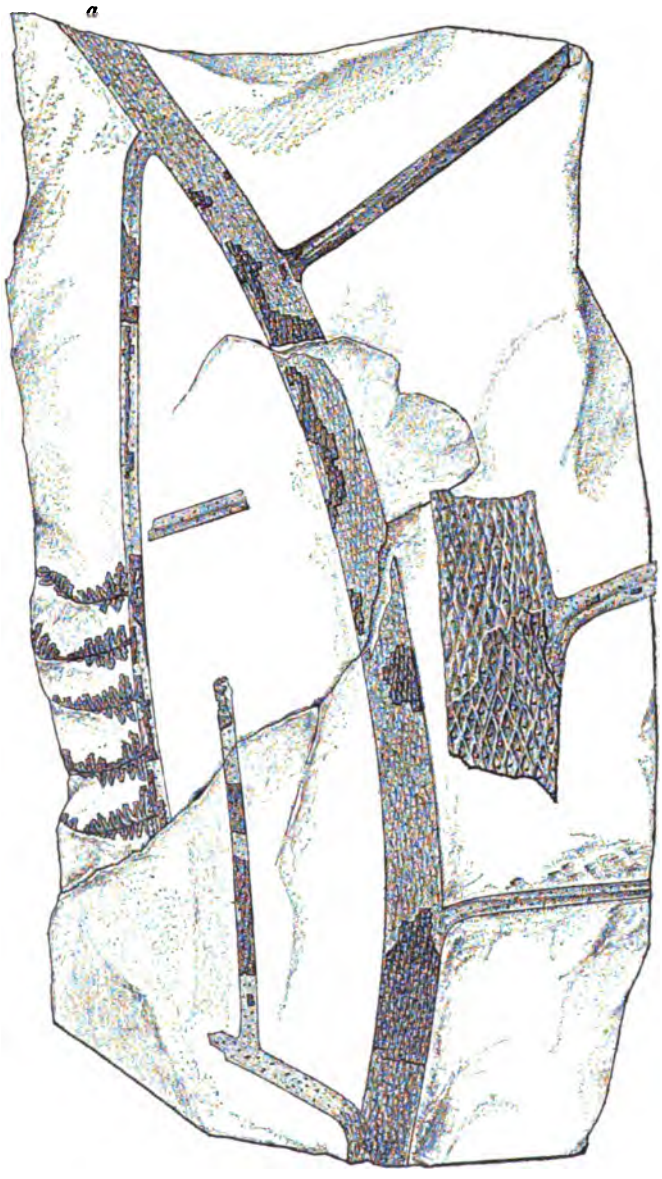


Fig. 332.
Sphenopteris Bäumleri (1/2); (daneben ein Stückchen der Hauptachſe (a a) unverkleinert) mit 4 Wedeln reſp. Fiedern erſter Ordnung. Aus der Steinkohlengrube von Mittel-Lazisk (Ober-Schleſien). Nach Potonié.

zweigte Aeste, wunderbar ausgebildete Scheinblätter, darstellen, eine der täuschendsten Anticipationen der Natur. Indessen, um den Leser nicht irrezuführen, muß ich hinzufügen, daß ich mit dieser Ansicht so ziemlich alleinstehe, daß fast alle Botaniker unserer Zeit die Farnwedel als echte Blätter betrachten, trotz der bis ins Kleinste gehenden Analogie, die sie mit den reichbeblätterten und verästelten Zweigen der flachlaubigen Selaginellen bieten, trotz ihres Sporentragens und der ganzen Ungeheuerlichkeit der Ansicht, daß eine der niedrigstehendsten Pflanzengruppen die am vollkommensten ausgestalteten Blätter, welche es giebt, besitzen sollte. Noch unter den höhern Pflanzen kommt es unzählige Male vor, daß Stengeltheile, Form und Arbeit der Blätter übernehmen, während die eigentlichen Blätter zu Grunde gehen. Man nennt sie dann Scheinblätter (Phyllodien). Solche blattartige Stengel, deren eigentliche Blätter früh zu Grunde gehen, sind die Farnwedel, und wer irgendwie Sinn für vergleichende Naturbetrachtung besitzt, kann diese Auffassung, gegen welche sich auch nicht ein einziger stichhaltiger Grund anführen läßt, nicht befremdend finden. Uebrigens ist das ganze Verhalten nur ein Seitenstück zu den Proteusbildungen der höheren Algen und einiger Lebermoose, bei denen genau entsprechende Wedelbildungen entstehen, ohne daß es einem Botaniker einfallen würde, dabei an wirkliche Blätter zu denken.

Abgesehen von den später hinzugefügten Beispielen befand sich der vorstehende Absatz bereits in der ersten Auflage dieses Buches, aber die darin ausgesprochenen, aus dem Studium von Vorkeimen und Primordial-Wedeln, wie aus entwicklungsgeschichtlichen Grundsätzen überhaupt geschöpfte Auffassung hat weit über ein Vierteljahrhundert warten müssen, ehe ihr irgend eine Berechtigung zuerkannt wurde. Mündlich Alexander Braun, Schleiden und Mettenius vorgetragen, wurde sie von ihnen ausdrücklich als unhaltbar bezeichnet. Seit mehreren Jahren hat sich indessen Potonié von dem Studium der fossilen Pflanzenreste ausgehend, zu im Wesentlichen verwandten Schlußfolgerungen gedrängt gesehen, daß nämlich der Farnwedel, obwohl er physiologisch die Rolle eines Blattes vertritt, doch eine ganz besondere Stufe in der Achsen- und Blattgliederung der Pflanzen darstellt. Bei den niedern Pflanzen, die vom Wasser getragen werden, oder platt auf dem Erdboden sich ausbreiten, wie Algen und Lebermoosen, ist eine eigentliche Gliederung des Laubes (Thallus) in tragende Theile (Stamm, Stengel, Aeste) und ernährende Organe (Blätter und Wurzeln) meist noch gar nicht eingetreten, weil sie entbehrlich war. Wir finden daher bei ihnen besonders häufig ein Fortsprossen des Laubes mit einfachen, wiederholten Gablungen an den Wachsthumsspitzen, um dadurch die Oberfläche für die Luftaufnahme zu vergrößern und sich der Unterlage besser anzupassen. Diese immer wiederholte Gablung (Dichotomie) des Laubes fand in derselben Fläche statt, wie wir es bei Fig. 115 und Fig. 322 sehen.

Erst das Erdleben verlangte die Ausbildung besonderer Wurzelorgane, welche Nahrung und Feuchtigkeit aus dem Boden saugen und die von tragenden Theilen, welche das zu Blättern zertheilte Laub ins Licht hoben und ihm eine vielseitigere Bestrahlungsmöglichkeit verschafften, als wenn sie weiter am Boden hingekrochen wären. Auch bei den Farnkräutern der ältesten Zeiten war eine vorwiegend gablige (dichotome) Ausbreitung des Laubes von einem viel häufigeren, ererbten Vorkommen als heute, wo wir es nur noch in ihren jüngsten Zuständen (die eben auf die ältesten zurückdeuten) und bei einigen wenigen rankenden Farnen erhalten finden, die am Boden kriechend oder an Baumstämmen und Felsen kletternd, die Lebensverhältnisse der Urzeit bewahrt haben. Die Ursache, welche alle frei aufstrebenden Formen mit dichotomischem Wachsthum dem Untergang weihete, war das Hebelgesetz, die übermäßige Belastung der Aeste durch ein solches sparriges Wipfelwachsthum. Günstiger waren die Arten gestellt, bei denen die durch fortgesetzte Gablung der Wachsthumsspitze entstehenden Verzweigungen einander abwechselnd rechts und links zur Seite drängen und überwipfeln, so daß eine Scheinaxe mit Seitenästen oder Seitenfiedern, ein sogenanntes Sympodium ersteht, die abwechselnd aus dem rechten und linken Gabelzweig zusammengesetzt wird. Solche Ueberwipfelungen des dichotomen Laubes finden wir schon bei Algen, (Fig. 121) und sie liefern den gewöhnlichen federartigen Typus des Farnwedels, das Pteridium (Fig. 333). Streckt die Mittelaxe sich nachträglich grade, so verliert sich der Anschein dichotomer Gliederung zuletzt ganz.

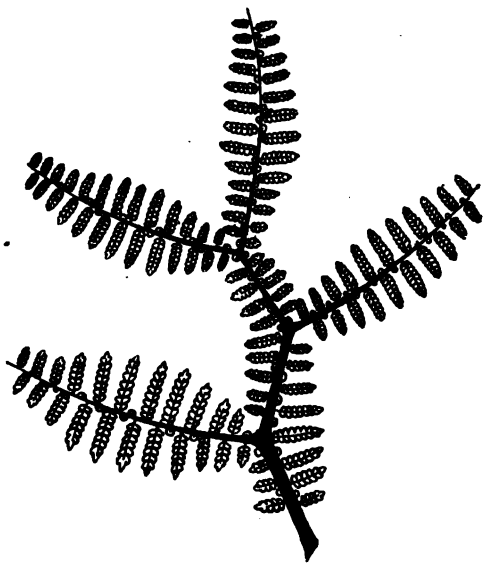


Fig. 333.
Pteridium-Aufbau nach Potonié.

Bei vielen Farnen beschränkt sich der Aufbau auf die Bildung eines einzigen Wedels und auch dann ist ein Vortheil der fiedrigen Zertheilung gegen den gleichmäßig dichotomen Aufbau erkennbar, sofern gegenüber dem Umriß eines breiten Kreisausschnittes, hierbei ein zusammengezogener, ovaler oder dreieckiger Umriß entsteht, dessen breiteste Ausdehnung nicht gegen den Gipfel (bei dichotomer Ausstrahlung), sondern an der Basis des Wedels lag. In der Vorzeit dehnte sich die zweiseitige Ausbreitung der Zweige

(Wedel) zuweilen auch auf die Stammbildung aus, z. B. bei der Steinkohlen-Gattung Megaphyton, deren Stämme statt der sonst in Spiralen rings um den Stamm laufenden Wedelnarben (wie in Fig. 344) nur zwei einander gegenüberstehende senkrechte Narbenreihen zeigen. Auch höhere Pflanzen bauen sich zuweilen in ähnlicher Weise zweiseitig in einer Ebene auf, sogar baumartige, wie die Ravenala, der sogenannte „Baum der Reisenden"; es sind ihrer aber nicht viele und es ist klar, daß ein solcher Wuchs nicht sehr widerstandsfähig sein kann. Bei stengel- und stammbildenden Pflanzen überwogen daher bald diejenigen, deren seitliche Verzweigungen

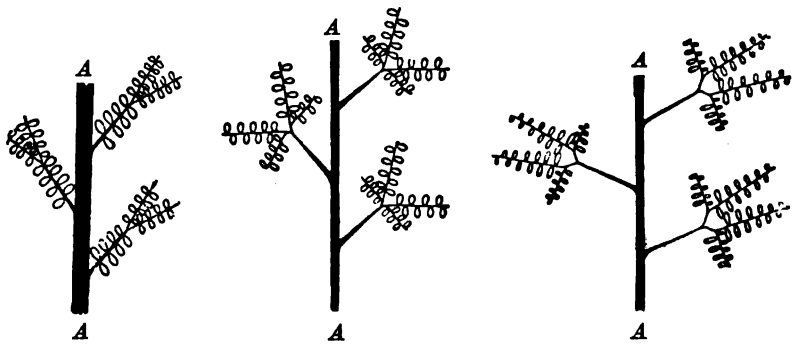


Fig. 334. Höntinghausi-Aufbau. Fig. 335. Diplotmema-Aufbau. Fig. 336. Mariopteridischer Aufbau.

Nach Potonié. In allen drei Figuren bezeichnet A A die Hauptachse.

sich in mehr als zwei Richtungen ausbreiteten, zum mindesten nach dreien, wie bei den meisten Einblattkeimern, oder nach vier, fünf und mehr, so daß sich die Ausladungen im Kreise nach allen Richtungen wendeten, und daher dem Stamme ein besseres Gleichgewicht lieferten. Erst dadurch bildete sich der Gegensatz zwischen tragender Achse mit oft lange fortgesetztem Wachsthum und ernährendem Seiten-Organ (Blatt) mit beschränktem Wachsthum mehr und mehr heraus. Die Blätter und die aus ihren Achseln entspringenden Zweige vertheilten sich in Spirallinien um den Stamm, so daß 3 Blätter auf einem Umgang, oder 4 und 5 auf zwei, oder 8 auf drei Umgänge zu stehen kommen, nach der bekannten, durch Addition der Vorderglieder entstehenden Reihe $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}$ u. s. w., bei welcher die Nenner die Zahl der Blätter und die Zähler diejenige der Windungen (Umgänge) angeben, auf welche sie vertheilt sind, falls sie nicht absatzweise in gleicher Höhe Wirtel um die Stengel bilden. Zur Ernährung dieser Blattkreise und deren Aeste bilden sich besondere saftleitende Gefäße im Stamme aus, die sich zu Gefäßbündeln vereinigen, welche durch härtere Elemente geschützt, sich zu Ringen vereinigen.

Kehren wir nun zu der Wedelbildung der Farne zurück, so kann es nur als natürlich erscheinen, daß bei ihrer Verzweigung, die, wie wir sahen,

allgemein auf einer nur in der äußern Erscheinung verwischten Dichotomie beruht, in den älteren Perioden noch zahlreiche Rückfälle auf unveränderte, gleichmäßige Gablung eintraten, die sich mit der Zeit, in den jüngern Geschlechtern mehr und mehr vermindert haben. Diese für unsere entwicklungsgeschichtliche Betrachtung sehr lehrreichen Rückfälle lassen sich namentlich bei kletternden Farnen beobachten, deren dünnbleibende, rankenartigen Stämme lianengleich die stärkeren Stämme anderer Bäume des Steinkohlenwaldes erkletterten, und damals viel formenreicher und häufiger vorkamen als heute, so daß diesen sonst einförmigen Urwäldern wenigstens der Schmuck der Schlingpflanzen nicht mangelte. Wir können in der mehr zur Dichotomie neigenden Wedelverzweigung dieser Steinkohlen-Lianen eine Beziehung finden zu ihrem gegen eine Stütze gepreßten Wachsthum, welches dem der an den Boden gedrückten dichotomen Lebermoose ähnlich war und ein Verharren auf der ursprünglichen Gliederungsstufe begünstigen mußte. Potonié hat mehrere solcher gemischten Verzweigungsformen der Wedel nach den (meist ausgestorbenen) Arten, bei denen sie vorkommen, mit besonderen Namen unterschieden (Fig. 334 bis 336) und auf der nach seinen Angaben entworfenen Tafel „Pflanzenformen der Steinkohlenzeit" darstellen lassen. Man erkennt, wie das Wachsthum der Seitenfiedern zwischen reiner Gablung und Fiedergabelung hin- und herschwankt, übrigens enden auch bei den meisten Farnen unserer Zeit die letzten Verzweigungen der Fieder-Nerven mit Gablung.

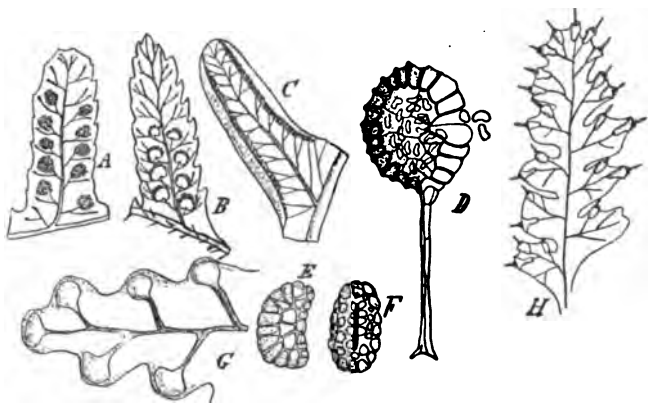


Fig. 337.

Wedelfiedern mit Fruchthaufen (Soris) von Polypodium (A), Aspidium (B), Pteris (E), Davallia (G), Ptilophyllum (H). D Sporangium mit Ring und freiwerdenden Sporen einer Polypodiacee. E F Die Sporen stärker vergrößert von der Seite und vom Scheitel.

Man theilt die Farne nach Bau und Entwicklung ihrer Sporenbehälter (Sporangien), die auf der Rückseite des Wedels, seltner am Rande, Häufchen (Sori) bildend, auf einem Fiedernerv erscheinen und mitunter von einer Hautwucherung, dem Schleier (Indusium) bedeckt werden (Fig. 337) gewöhnlich in zwei Hauptabtheilungen ein, in Eusporangiaten, bei denen die ringlosen Fruchtbehälter ihren Ursprung aus einer Gruppe von Ober-

hautzellen nehmen und eine aus mehreren Zellschichten gebildete Wandung besitzen und in Leptosporangiaten mit dünnwandigen ringtragenden Sporangien (Fig. 337 D), die aus einer einzelnen Oberhautzelle entstehen. Obwohl man nicht sicher wissen kann, welche der beiden Abtheilungen die ältere ist, da sich an den fossilen Farnen nur ausnahmsweise die Form und Bildung der Sporangien erkennen läßt, so waren jedenfalls die Farne mit ringlosen Fruchtbehältern (Eusporangiaten) zu denen die Familien der Marattiaceen und Ophioglosseen gehören, in den ältern Schichten stärker vertreten, als die Leptosporangiaten, die erst im Keuper und Rhät häufiger werden, heute aber die große Mehrzahl der ca. 4000 Arten umfassenden lebenden Farne ausmachen.

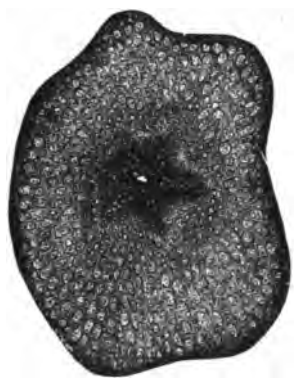


Fig. 338.
Querschnitt eines Staarsteins (Psaronius asterolithus).

Die nunmehr gänzlich auf die tropischen Gegenden zurückgedrängten Marattiaceen besaßen in der Steinkohlenzeit von den untersten Schichten (Kulm) an, bereits eine so bedeutende, viel formenreichere Entwicklung als heutzutage, daß man ihnen wahrscheinlich auch die meisten unbestimmbaren Farne, Reste der Devon- und Carbonzeiten wird zuzählen müssen. Ihr knollenförmiger, oft einen ansehnlichen Durchmesser erreichender Stamm, der im fossilen Zustande die sogenannten Staarsteine (Psaronien) Fig. 338 liefert, zeigt einen Bau, der ziemlich verschieden ist, von dem der meisten andern Farne, sofern zahlreiche, dicht am Stamme herabsteigende Luftwurzeln in der verkieselten Masse den Kern mit einer Schaar von „Augen" umgeben. Die Wedel standen häufiger zwei und vierzeilig am Stamme, als fünf- und mehrzeilig und die schon erwähnten Megaphyten mögen zu ihnen gehört haben. Die oft ungemein großen Wedel stehen wie echte Zweige in der Achsel dickfleischiger Blätter. Diese wie zierliche Spitzenarbeit durchbrochenen grünen Riesenschirme erinnern uns daran, daß in jener Zeit des üppigsten Pflanzenwachsthums große unzertheilte und ganzrandige Blätter überhaupt nicht vorkommen, und man hat den Grund dafür nicht ohne Wahrscheinlichkeit darin gesucht, daß damals die Stürme und Niederschläge, denen kleine und durchbrochene Blätter und Wedel besser widerstehen, als große unzertheilte, damals wohl überall stärker waren, als heute. Zu den Marattiaceen rechnet man die Mehrzahl der karbonischen, heute sämmtlich ausgestorbenen Farn-Gattungen und Arten; noch unter dreißig Farnarten der obertriassischen Lunzer-Schichten fand Raciborski 21 Stück, das heißt 70 Prozent Marattiaceen. Allein schon in der Jurazeit traten sie stark zurück, und heute haben sich nur noch wenige Gattungen in tropischen Ländern erhalten, von denen Marattia schon im Rhät und

Lias, Danaea-ähnliche Formen (Danaeopsis, Danaeïtes) im Keuper und Jura vorkommen.

Die andere eusporangiate Familie mit ringlosen Sporenbehältern, die Ophioglossaceen, bei denen die Wedel sich gewöhnlich in einen blattartigen unfruchtbaren Theil, und einen ährenförmigen oder verzweigten Sporenträger gabeln, ist von den karbonischen Schichten an in mehreren Gattungen erkannt worden, namentlich in Rhacopteris, Ophioglossites und vielleicht Chiropteris und Nöggerathia. Daneben kommen aber auch Arten mit ringtragenden Sporangium schon im untern Carbon vor, wie die schon erwähnten Hymenophyllaceen (S. 474) z. B. Hymenophyllites, Acrocarpus, Archaeopteris hibernica, welche letztere schon im Oberdevon vorkommt, aber vielleicht zu den Ophioglossaceen gehört u. A. Im Keuper und Rhät treten dann Mittelformen zwischen Cyatheaceen und Gleicheniaceen auf, von denen die letzteren (Fig. 339 und 340) dichotome Bildungen und auch die oben (S. 476) erwähnten Aphlebien bis auf unsere Zeit gerettet haben. In der Jurazeit treten die Osmundaceen und Cyatheaceen mit den verwandten Familien

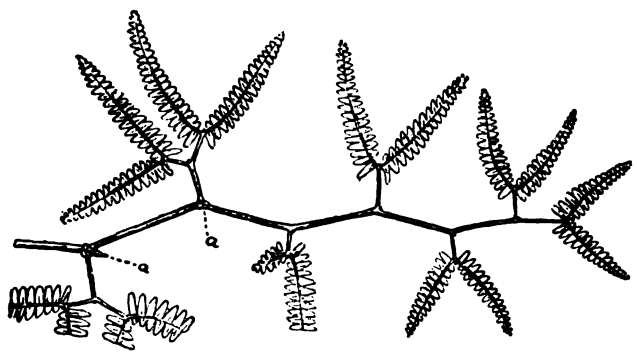


Fig. 339.
Mertensia glaucescens. 1/5 der natürl. Größe. a aphlebolde Bildungen.

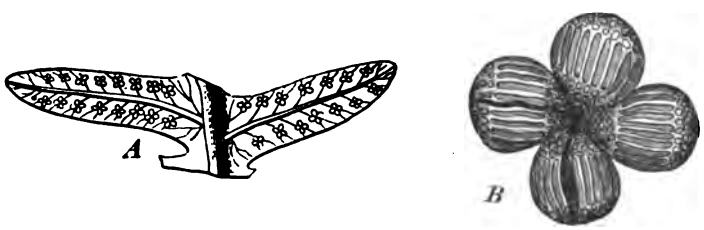


Fig. 340.
Gleichenia. A Wedelstück mit Soris. B ein Sorus aus 4 Sporangien (vergrößert).

in ähnlicher Weise in den Vordergrund, wie die Marattiaceen in den Karbonschichten. Die heute formenreichste Farnfamilie, die Polypodiaceen, bei denen sich die früher vorwiegend freie Aderung häufig bis zur Netzaderung steigert, hatte damals in den Protopolypodiaceen nur spärliche Vorläufer; zur herrschenden Gruppe hat sie sich erst in der Tertiärzeit aufgeschwungen.

In der persönlichen Entwickelung der Farne fesselt uns vor Allem das offenbare Herauswachsen der Pflanze aus dem alten Zustande und die Vorbereitung eines neuen. Die Grundstufe des Wasserlebens wird nunmehr blos noch durch den unscheinbaren und vergänglichen, von den meisten Menschen gänzlich übersehenen, algen- oder lebermoos-artigen Vor-

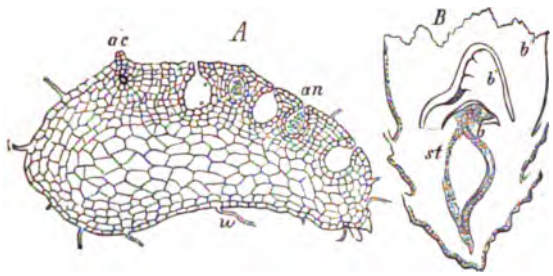


Fig. 341.

A unterirdischer Vorkeim von Botrychium im vergrößerten Längsschnitt, an männliche Zellkammern (Antheridien), in denen die spiraligen Samenfäden reifen, ac weibliche Zellkammer (Archegonium), aus welcher nach der Befruchtung die junge Pflanze hervorwächst. B der untere Theil derselben im Durchschnitt, wobei st den Stamm, b b' b'' die Blätter bezeichnen.

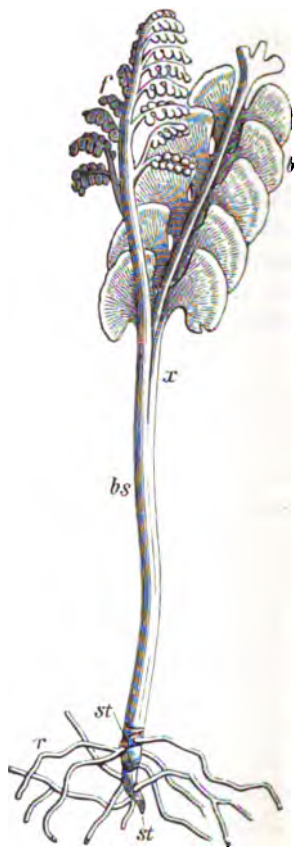


Fig. 342.

Mondraute (Botrychium Lunaria) st Stamm, r Wurzeln, bs Theilung in den fertilen (f) und sterilen (b) Wedeltheil.

keim (Prothallium) vertreten, auf dem sich hier dicht am oder im Boden die Befruchtung vollziehen muß, weil die männlichen Samenfäden (Spermatozoiden) nur im Wasser die freie Beweglichkeit besitzen, die ihnen zur Erreichung der weiblichen Zelle und ihrer Hülle (des Archegoniums) nöthig ist. Diejenige Entwicklungsfolge dagegen, welche auf die im Feuchten stattfindende Befruchtung unmittelbar folgend, bei den Moosen nur den vergänglichen Sporenträger, die gestielte Urne oder den Schirm der Lebermoose erzeugte, stellt jetzt das eigentliche Gewächs dar, welches unter Umständen langlebig fortsproßt. Es hat damit eine höchst eigenthümliche und immer weiter gehende Verschiebung der Hauptvegetations-Periode begonnen. Bei den Moosen findet die eigentliche Laubentwicklung vor der Befruchtung statt, jetzt erfolgt sie nach derselben und die Befruchtung findet nicht mehr auf der herangewachsenen Pflanze, sondern schon auf ihrem Vorkeim statt, und damit wird in eigenthümlicher Weise der spätere Zustand vorbereitet, bei welchem die Vorkeim-Entwicklung dann noch früher, nämlich schon auf der Mutterpflanze stattfindet, und der Anfang gleich an das Ende

der Sproßentwicklung geknüpft wird. Diese Verschiebung, die eine Folge der Verwandlung des Wasserwesens in ein Luftgewächs ist, geht aber stufenweise vor sich. Bei den Mondrauten (Botrychium-Arten) (Fig. 341 und 342), bei denen der Wedel in einen Aehrentheil und einen Blatt-Theil oder mehrere wirkliche Blätter geschieden ist, während die Schuppen der andern Farne hier nicht auftreten, besteht jener Vorkeim, auf welchem die Befruchtung vor sich geht, nur noch in einem farblosen unterirdischen Knöllchen (Fig. 341) und in diesem liegen dann, sozusagen alle Analogieen vergraben, welche das soweit gediehene Luftgewächs noch mit seinen algen- oder moosartigen Ahnen verknüpfen. Die Botrychium-Arten nähern sich in ihrer Erscheinung, wie auch in ihrer gesammten Entwicklungsweise außerordentlich gewissen Lycopodiaceen, wie die Zusammenstellung von Botrychium Bergianum vom Cap mit Phylloglossum Drummondii aus Australien (Fig. 343) zeigt. Bei beiden sind die grasartigen Blätter von der Sporangien-Aehre völlig getrennt, bei beiden erzeugt die Spore den unterirdischen Vorkeim mit männlichen und weiblichen Zellkammern, bei beiden entstehen, wie bei den Orchideen Doppelknöllchen, durch welche sich diese Pflanzen ebenfalls vermehren, und wenn sich bei ihnen die Sporen schon in der Aehre zu Blüthenanlagen entwickelten, wozu bei verschiedenen

Fig. 343.
a Botrychium Bergianum, ein Farn, b Phylloglossum Drummondii, eine Lycopodiacee, beide in natürlicher Größe, c Stützblatt mit Sporenbehälter aus der Aehre des letzteren, d die tetraëdrische Spore, aus welcher bei der Keimung der unterirdische Vorkeim (e f) hervorgeht und wie in Fig. 341 männliche und weibliche Geschlechtszellen ausbildet. e—f vergrößert.

Lycopodiaceen Anläufe vorhanden sind, so würden wir aus ihnen grasartige Gewächse von der Organisationshöhe der Nadelhölzer und Palmenfarne hervorgehen sehen, wie sie auch höchst wahrscheinlich in der Vorzeit existirt haben. Es scheint kaum zweifelhaft, daß wir in diesen Ueberbleibseln einer der ältesten Erdepochen einzelne jener Etappen zu erkennen haben, durch welche von den Farnen ausgehend, durch die Lycopodiaceen mehrere verschiedene Abstammungslinien zu den höheren Pflanzen geführt haben. Bei noch weiter entwickelten Lycopodiaceen erscheinen dann männliche und weibliche Sporen getrennt und erzeugen, zum Theil noch auf der Mutter-

pflanze, die Geschlechtsbehälter, womit der Uebergang zu den eigentlichen Blüthenpflanzen gegeben ist. Bei ihnen bleibt jene erste Generation, über welche früher das Gewächs nur wenig hinauskam, nur noch in der Blüthenanlage erkennbar, während die Pflanze sonst ein durchweg anderes Wesen geworden ist, welches mit seinen Vorgängern viel weniger gleichwerthe Theile aufweist, als das höhere Thier mit dem niedern.

Während sich dieser Fortschritt in zahlreichen, durch noch lebende Pflanzen illustrirten Stufen im Kreise der echten Farne vollzog, ging er in ähnlicher Weise in den Seitenzweigen des Gewächsreiches vor sich, welche die Lycopodiaceen mit den Moosen und Farnen und möglicherweise die Schachtelhalme mit armleuchterartigen Algenformen verbanden. Doch sind in den letzteren Fällen die Zwischenglieder mehr oder weniger vollständig ausgestorben und wir finden nur noch in dem äußeren Typus oder in der Organisationsstufe die Verwandtschaft ausgedrückt. Es wiederholen z. B. in vergrößerter Form die Lycopodium-Arten den rings umblätterten Laub-Moosstamm und die wunderzierlichen Selaginellen (Fig. 351) auf's Täuschendste die fächerförmige mehrseitige Beblätterung mancher Lebermoose (Fig. 325), obwohl man nicht vergessen darf, daß dieser Formen-Charakter hier in einem anderen Lebensabschnitt wiederkehrt. Dieser gleichmäßige Fortbildungsprozeß nach mindestens drei verschiedenen, aber zu ähnlichen Zielen führenden Richtungen hatte sich im Laufe der devonischen Periode und in der Steinkohlenzeit vollendet; aus den weite Sümpfe ausfüllenden gefäßlosen Moosen waren wälderbildende, stolze Gefäßpflanzen hervorgegangen, welche in üppigster Fülle den Boden bekleideten. Mit der Stammbildung, die ja das Luftgewächs charakterisirt, sofern durch sie das Laub in höhere Regionen getragen wird, beginnt eine Bildung echter Wurzeln und eine mannigfachere Arbeitstheilung oder Differenzirung des Zellgewebes. Ein gegen die austrocknende Einwirkung der Luft und den ungemilderten Sonnenschein schützendes Oberhautgewebe (Epidermis, Rindenschichten u. s. w.) beginnt sich von dem ernährenden Zellgewebe zu sondern, Holz- und Stereomgewebe bilden sich aus, um dem Stamm und den Aesten Tragfähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die Winde zu verleihen, und es bilden sich die bei den Moosen kaum erst angedeuteten Gefäßbündel aus, nach denen man

Fig. 344.
Verkleinertes Stück eines Cyatheenstammes mit Leitbündelkreisen verschiedener Form auf dem Querschnitt und rhombischen Wedelnarben im Umfange.

die höheren Pflanzen im Gegensatze zu den Algen, Pilzen und Mooſen als Gefäßpflanzen bezeichnet. Wir ſehen dieſe Gefäßbündel bei einem Querſchnitt durch den untern Theil der Wedel unſeres gemeinen Adlerfarns (Pteris aquilina) den bekannten deutſchen Doppeladler zeichnen und in den ſchlanken Stämmen der Cyatheen (Fig. 344) Bündel-Kreiſe zuſammenſetzen. Manche Stämme des Steinkohlenwaldes, namentlich die der ſogleich zu ſchildernden Farnverwandten hatten auch ein erhebliches Dickenwachsthum, aber ohne ſog. Jahresringe zu bilden, eine Folge des ohne Abſätze (Winterruhe) erfolgenden ununterbrochenen Weiterwachsthums immergrüner Bäume in wärmeren Klimaten. In den meiſten dieſer Formen noch immer die Feuchtigkeit liebend, widmete ſich die neue blüthenloſe und noch keine ſchwereren Früchte tragende Pflanzenwelt, die mit verjüngter Jugendkraft

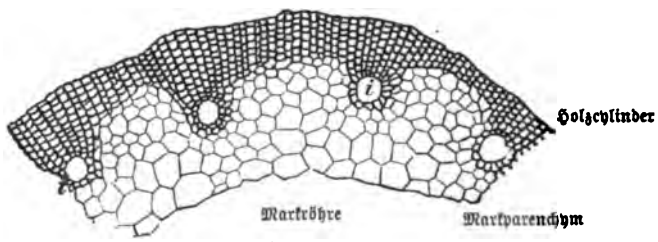


Fig. 345.
Vergrößerter Querſchnitt durch ein Stück eines Calamariaceen-Holzcylinders. i von den Erſtlingszellen des Holzkörpers umgebene Gewebslücken. Nach E. Weiß.

emporſtrebte, einſtweilen dem für die Menſchheit ſo wichtig gewordenen Geſchäfte der früheſten Holzerzeugung, um ihren Körpern Feſtigkeit und Ausdauer in dem dünnern Medium zu leihen und die Ernährungs- und Athmungsorgane über das dichte Farn- und Moosgeſtrüpp des Bodens hinauszutragen in die kohlenſäurereiche Atmoſphäre, die ſie mit Luft zu trinken begannen.

Wenn wir uns die farnartigen Charakterpflanzen unſerer nordiſchen Waldſümpfe, die höchſtens drei bis fünf Fuß hoch aufſteigen, zu vierzig bis hundert Fuß hohen Bäumen vergrößert denken, können wir uns ein Bild der Steinkohlenwälder machen, welche offenbar Sumpfwälder waren. Statt der ſäulenrunden Schafthalme (Equiſeten), die ihre quirlförmig geſtellten, drehrunden, nackten Aeſte jetzt meiſt nur einige Fuß hoch aus dem Waſſer emporheben und deren Blätter nur in Form kleiner, den Stamm umkränzender Spitzenkragen erſcheinen, ſtiegen damals wie mit dem Meißel ausgearbeitete canellirte Säulen von 30 bis 40 Fuß Höhe und entſprechendem Umfang empor, in oft wiederholter Quirltheilung eine ziemlich ſchattenloſe Krone von ſtarrer Architektur bildend. Jene Calamarien oder Rieſenſchafthalme der Primärzeit (Fig. 346) haben ſich ihr ganzes Leben lang ſozuſagen mit der Stammfrage beſchäftigt. Wenn bei den

Algen von einer Arbeitstrennung zwiſchen Axe und Blättern nicht die Rede ſein konnte, vielmehr alles „Laub“ war, ſo erſcheinen bei den farnartigen Pflanzen beide Elementartheile zwar geſchieden, aber die Blätter bleiben auf dem Stande niederſter Ausbildung ſtehen, Stamm und Aeſte bilden ſich vorwiegend aus und nehmen den kleinen Schuppenblättern einen großen Theil der Ernährungs-Arbeit ab. Wie ein kluger Baumeiſter, der die Geſetze der Statik genau erwogen, haben ſie alle Feſtigkeit des Stammes auf den Umfang gehäuft und ausprobirt, daß ein röhrenförmiger Stamm mehr tragen kann, als ein ſolider Stamm von gleicher Maſſe (Fig. 345). Der Hohlraum wurde dann oft mit Geſteinsmaſſe gefüllt und gab innere Abdrücke, die als Calamiten im engern Sinne beſchrieben wurden, und ein ſtärkeres Relief zeigen, als die mit der Rinde verſteinerten Stämme. Uebrigens bildeten gegen Ende der Steinkohlenzeit, die zu dieſem Typus gehörigen Bäume einen ſtärkeren Holzring

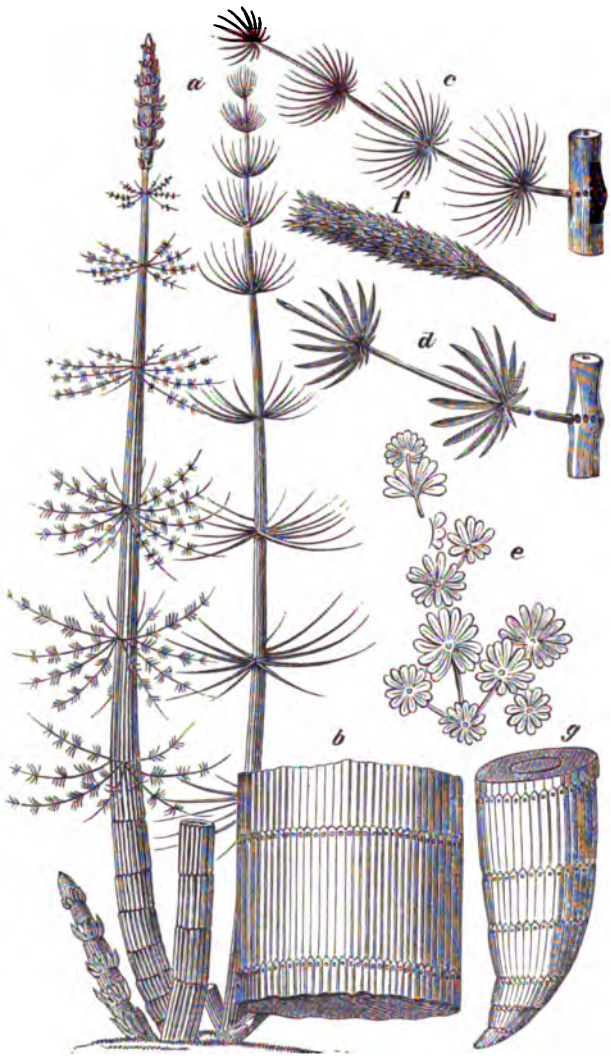


Fig. 345.

Calamites a Reſtaurirte Bäume (ſchematiſch), b Stammſtück, c, d und e beblätterte Zweige, von denen jedoch die Annularien (e) von den meiſten Botanikern verſchiedenen Pflanzen zugetheilt werden, f Sporenzapfen, der jedoch eher einer Lycopodiacee zuzugehören ſcheint, g Wurzelſtammende.

aus, der oft den Durchmesser mehrerer Fuße erreichte, aber in den folgenden Zeiten bald wieder dahin schwand. Und noch in einem andern Punkte anticipirten die Säulenbäume des Steinkohlenwaldes die Methode der Baumeister unter den Menschen. Wie diese ihre höheren Säulen meistens aus einzelnen Tambouren, d. h. aus Trommeln oder Säulenscheiben zusammensetzen, so beginnt bei den Urschafthalmen der für eine große Abtheilung des Pflanzenreiches bezeichnende Aufbau aus deutlich abgesetzten Stengelgliedern, sogen. Zwischenknotenstücken (Internodien) mit strenger Regelmäßigkeit der mit einander abwechselnden Rillen sich einzuführen. Die Pflanze theilt sich, ihrer früher hervorgehobenen republikanischen Neigung entsprechend, in zahlreiche gleichwerthe Provinzen oder Unter-Individuen, von denen die ältesten die Pflicht übernehmen, die jüngern in die Höhe zu tragen und ihre Verbindung mit der Wurzel zu unterhalten, während diese mit ihren Blättern die Ernährung bewirken und einige der jüngsten auf persönliches Weiter-Wachsthum verzichtende Knospen für die Fortpflanzung sorgen.

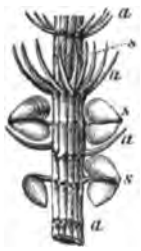


Fig. 347.
Bruchstück eines Sporangienstandes von Annularia longifolia. a unfruchtbare s fruchtbare Quirle.

Neben den in mannigfachen Arten und Gattungen auftretenden baumartigen Equisetaceen des Steinkohlenwaldes, die wir unter dem Namen der Calamariaceae zusammenfassen, gab es jedoch auch kleinere, größtentheils im Wasser wachsende Arten, deren quirlständige Blätter gar nicht oder nur zu schmalen Scheiden verwachsen waren, wie die Annularien (Fig. 345e und 347), deren Fruchtquirle mitten am Stengel mit unfruchtbaren wechseln, während bei den Asterophyllites die Fruchtquirle dicht über unfruchtbaren stehen. Sie trugen zweierlei ungleiche (heterospore) Fruchtkörper, Macro- und Microsporangien, aus deren Sporen dann weibliche und männliche Vorkeime hervorgingen, während die heute lebenden Equisetaceen nur gleichartige (isospore) Sporangien tragen. Die Calamariaceen scheinen jedoch ebenfalls heterospor gewesen zu sein.

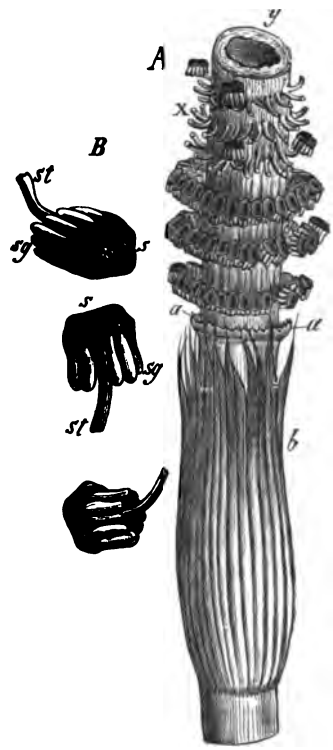


Fig. 348.
Equisetum Telmateja, fruchttragende Spitze mit der untern Hälfte der Aehre. b Blattscheide. y Querschnitt der hohlen Spindel. x Die Stiele der schildförmigen Sporenbehälter. B Die letzteren, wenig vergrößert. st Stiel. s Schild. sg Sporangien (Nach J. Sachs.)

Beide fossile Gruppen machten bereits im Beginne der Sekundärzeit mehr oder weniger vollständig kleineren Nachkommen Platz, den Equisetites-Arten, die sich, wie schon der Name andeutet, nach Größe und Gestalt eng an die jetzt lebenden Schafthalme (Equisetum) anschließen. Sie besaßen wie diese (Fig. 348) statt der getrennten Quirlblätter der Calamarien, röhrenförmig den Stamm umhüllende Quirlblattscheiden und werden ohne Zweifel auch einen ähnlichen Sporenstand und dieselbe Keimungsart besessen haben.

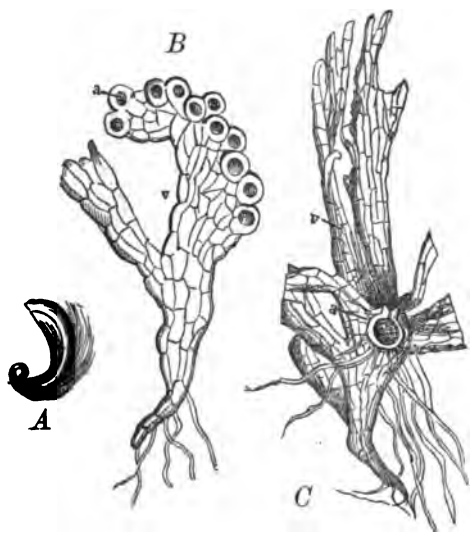


Fig. 349.
Equisetum Telmateja: A Samenfaden; B männlicher Vorkeim mit Samenfadenbehälter (a) und C weiblicher Vorkeim mit einem Archegonium (a).

Aus den Sporen gehen bei den heute lebenden Schafthalmen nämlich lebermoosartige Vorkeime hervor, die bald vereint, bald auf verschiedene Exemplare vertheilt (Fig. 349), die männlichen und weiblichen Zellen entwickeln. In den tropischen Theilen von Südamerika erreicht eine Art des jungen Geschlechtes, der Riesenschachtelhalm (Equisetum giganteum) hier und da die Höhe seiner alten Vorfahren, und bildet dann Dickichte, die ein Bild jener uralten Schafthalmwälder vorführen. Seine Stämme haben aber bei Weitem nicht die Stärke jener der Ahnenformen und kommen nur dadurch in die Höhe, daß sie sich in der Jugend gegenseitig stützen. Das auf der Tafel „Riesen-Schachtelhalme bei San Nikolas" dargestellte Schafhalmdickicht hat der Botaniker Ed. André bei einer Expedition in die Vorberge der West-Cordillere unweit Quito angetroffen und gezeichnet.

Aus den letzten Abschnitten der Steinkohlenzeit haben sich verschiedene, anscheinend zum Typus der Schachtelhalme gehörigen Bäume gefunden, die man Calamodendron, Arthropitys (d. h. Gliederfichte) und ähnlich genannt hat, weil der dicke Stamm äußerlich ganz wie derjenige eines Schachtelhalms gebaut war, nämlich mit deutlich abgesetzten Stengelgliedern, parallelen Riefen an der Oberfläche u. s. w. Aber diese „baumartigen Schafthalme" bildeten einen dicken, im Umkreise wachsenden Holzring um das Mark, dessen Bau zwar einzelne Aehnlichkeiten mit demjenigen des Schafthalmstammes aufweist, aber noch viel mehr mit demjenigen der Ursamenpflanzen (Archispermen), zu denen sie daher auch von neueren Botanikern gezogen werden. Leider kennt man die Fruktifikationsorgane dieser Pflanzen nicht,

Die Riesenschachtelhalme bei San Nicolas (Ecuador).

aus denen sich leicht ergeben würde, ob wir es in ihnen wirklich mit Archispermen oder vielleicht mit baumförmigen Uebergangsformen zu denselben zu thun haben. Die Nadelhölzer bieten in ihrem quirlartigen Aufbau und in der Form ihrer männlichen Kätzchen, wie ihrer Zapfen so manche habituelle Aehnlichkeiten mit den Schafthalmen, daß diese Ansicht nicht ohne Weiteres von der Hand zu weisen ist, und unter den Gnetaceen besitzen die unbeblätterten Aeste von Ephedra noch heute eine frappante Aehnlichkeit mit Schafthalmästen. Aber wenn man auch geneigt sein mag, in jenen ausgestorbenen Formen angehende Archispermen zu erblicken, so scheint es doch nicht wahrscheinlich, daß sie bereits vollendete Archispermen (Cordaitaceen, Nadelhölzer, Cycadeen, Gnetaceen) waren, denn diese besitzen dauerbare Fruchtstände und Samen, die man zwischen jenen Resten gefunden haben müßte, wenn sie bei ihnen vorhanden gewesen wären.

Den heute lebenden Bärlappen (Lykopodiaceen), welche wegen ihrer langen, dichtbeblätterten, den Boden feuchter Wälder mit verstrickendem Gestrüpp bedeckenden Ranken auch Schlangenmoose genannt werden, glichen, ins Gigantische übersetzt, die Schuppen- und Siegel-Bäume (Lepidodendren und Sigillarien Fig. 350 und Fig. 354) der devonischen und karbonischen Wälder. Jene niedrig wachsenden und daher den wenigsten Menschen in der heimischen Flora auffallenden Bärlappe erscheinen daher als die letzten Ueberbleibsel ehedem mächtiger Geschlechter doppelt merkwürdig. Ehemals sechzig bis hundert Fuß hohe Stämme bildend, kriechen die letzten ihrer Nachkommen bescheiden am Boden, und die Zahl ihrer Häupter in Europa nimmt mit der Urbarmachung der Wälder von Jahr zu Jahr ab. Es ist ein aussterbendes Geschlecht, und vielleicht kommt eine Zeit, wo man nur noch in den Gewächshäusern einige ihrer ungemeinen Schönheit wegen dorthin geretteten Selaginellen bewundern wird. Sie passen nicht in diese Welt des Lichtes, und es giebt einzelne Arten darunter, die vor Schrecken ganz blaß werden, wenn sie von dem unverhüllten Sonnenlicht eine Weile bestrahlt werden, die sich vom Lichte wegwenden und erst im dunklen wieder erholen. Im Steinkohlenzeit-Walde dagegen hoben sie kühn das Haupt über alle ihre Genossen. Zu ihnen gehören jene in aufrechter Stellung begrabenen Stämme der Bergwerke, von denen S. 171 die Rede war, deren gablig und horizontal im Boden verzweigte S. 169 beschriebenen Rhizome früher für eine besondere Pflanzenart (Stigmaria) gehalten wurden, bis man in ihnen die im Sumpfboden ausgebreiteten Wurzelorgane der Schuppen- und Siegelbäume erkannte. Noch heute lebende niedrige Lycopodiaceen, die schon in der Silurzeit nahe Verwandte besaßen, die Psilotum-Arten, haben ähnliche, in einer Ebene wiederholt gablig verzweigte Rhizome. Auch in den Aesten ihrer durchsichtigen, weit ausladenden Kronen dichotome Gliederung darbietend, treten die Schuppenbäume nun aufrecht als Zeugen einer wunderbaren Zeit vor den Bergmann und durchbohren oft in dieser aufrechten Stellung mehrere

Schlamm-Schichten, die nacheinander abgelagert wurden. Ihre Erscheinung muß in der That eine äußerst fremdartige gewesen sein, nämlich diejenige baumartiger Mooſe, deren wiederholt gabliger Stamm in der Jugend dicht mit ſchmalen Blättern bedeckt war, wie die Getreideähre mit Spreublättchen. Beim Aelterwerden fielen die Blätter von unten herauf ab und ließen auf den meiſt ſchlanken, ſäulenförmigen Stämmen Narben in dichten mathematiſch regelrechten Spirallinien zurück, von ſolcher Zierlichkeit der Anordnung, daß ſie mit den geſchmückteſten Säulen romaniſcher oder mauriſcher Bauten wetteifern könnten. Indeſſen entbehrte die plumpe pelzartige Belaubung der ſparſamen, ſparrig ausladenden Aeſte der maleriſchen Freiheit und ſo bunt ihre gefelderten, wie mit Moſaikarbeit bekleideten Stämme auch neben den cannelirten Säulen der baumartigen Schafthalme ſtanden, dem Steinkohlenwalde würde alle Anmuth gemangelt haben, wenn nicht Wedelfarne in größter Zahl, dieſe moosartigen Gewächſe von dendritenartiger Starrheit umwuchert hätten.

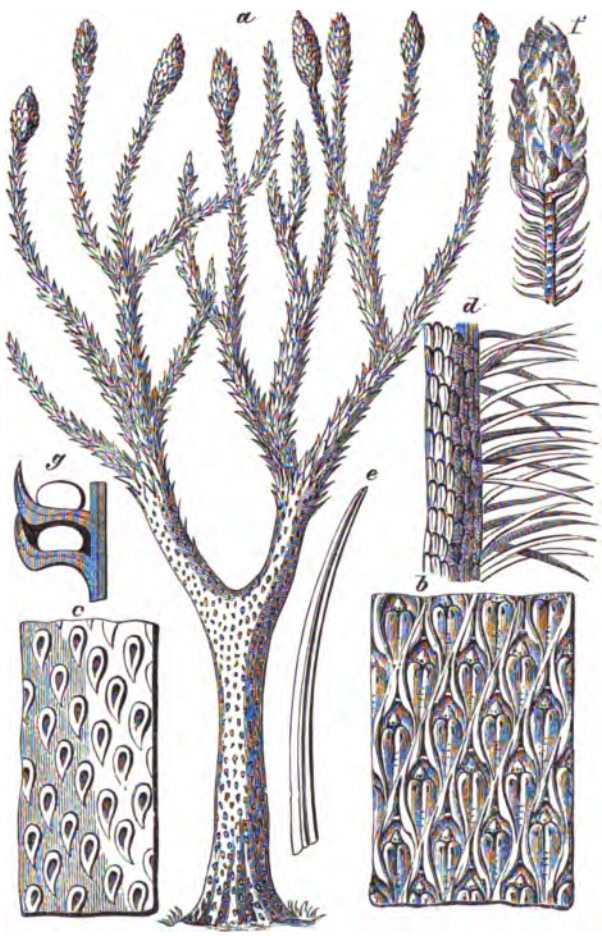


Fig. 350.
Schuppenbaum (Lepidodendron). a Reſtaurirter Baum nach Dawſon. b, c Rindenſtücke. d Zweigſtück mit Blättern. e Ein einzelnes Blatt. f Endzweig mit dem zapfenförmigen Sporangienſtand. g Zwei Schuppen des Sporangien-Zapfens.

Die Schuppenbäume (Fig. 350) gehören zu den älteſten Landpflanzen, von denen man Ueberreſte gefunden hat. Dawſon hat nicht nur in den

devonischen Schichten Spuren derselben getroffen, sondern er glaubt sie bis in die obersilurischen Ablagerungen zurückverfolgen zu können. Sie gehören auch zu den am vollkommensten bekannten vorweltlichen Pflanzen, denn man hat von ihnen nicht nur Sporen, sondern auch die zapfen- oder kätzchenartigen Sporangienstände aufgefunden. Dieselben standen theils an der Spitze der Zweige, theils traten sie (bei Ulolendron) stammbürtig in zwei senkrechten gegenüberstehenden Reihen aus dem Hauptstamme hervor, und haben dort große schüsselförmige Narben zwischen den kleineren Narben der Blätter hinterlassen. Wir kommen darauf zurück. Hiernach bleibt kein Zweifel, daß alle diese Bäume echte Bärlappgewächse waren, wie die Vergleichung ihrer Fruchtstände (Fig. 350g) mit denjenigen einer jetzt lebenden Selaginella (Fig. 351) leicht ergiebt. Ohne Zweifel war auch die Keimung eine übereinstimmende. Man wird sich das Verständniß des Folgenden wesentlich erleichtern, wenn man die Sporen der farnartigen Gewächse wie Blühknöspchen betrachtet, welche auf der Erde weiterwachsend (keimend) sowohl männliche als weibliche Organe auf gemeinschaftlichen Blüthenböden (zwittrigen Vorkeimen) hervorbringen. Und gleich so vielen unserer jetzt lebenden Bäume und niedern Pflanzen, die männliche und weibliche Blüthen auf verschiedenen Stämmen erzeugen, giebt es auch Lycopodiaceen mit zweierlei Sporangien und Sporen, aus denen rein männliche und rein weibliche Vorkeime hervorgehen. Im letzteren Falle, der bei Selaginella (Fig. 351) und einer zu derselben Familie gehörenden grasblättrigen Wasserpflanze, dem Igelkraut (Isoëtes Fig. 352) stattfindet, erzeugen kleinere Sporen (Microsporen) die Vorkeime mit männlichen Samenfäden, und größere (Macrosporen Fig. 353), deren Keimung mitunter schon auf der Mutterpflanze beginnt, das weibliche Organ (a) oder Archegonium, welches in seinem feineren Bau kaum noch von demjenigen der blühenden und samentragenden Pflanzen, im Besonderen der Nadelhölzer verschieden ist.

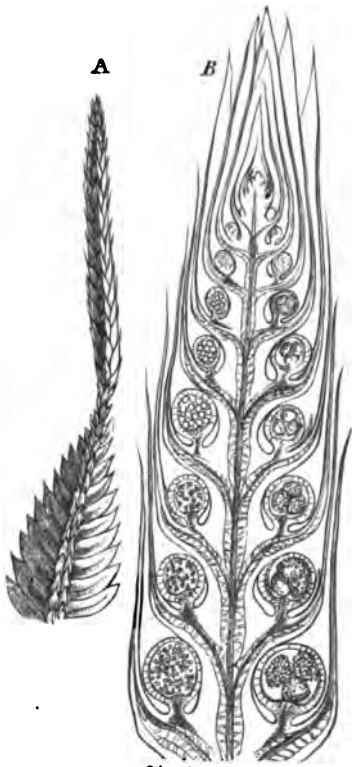


Fig. 351.
Selaginella inaequalifolia. A Zweigspitze mit Sporenzapfen in doppelter Größe. B Der letztere im Längsschnitt, links männliche, rechts weibliche Sporangien tragend, vergrößert. (Nach Jul. Sachs.)

Weniger genau ist man mit den Fruchtständen der Siegelbäume (Sigillarien Fig. 354) bekannt, die indessen kaum denen der Schuppen-

bäume wesentlich ungleich gewesen sein dürften, wie sie auch ganz ähnliche gegabelte Rhizome (Stigmarien vergl. S. 169) besaßen. Sehr eigenthümlich waren die Stämme, welche nach den scharfen, in Spirallinien den Umfang umziehenden und wie mit dem Petschaft ausgeprägten Blattnarben ihren Namen empfingen. Ueber ihren Aufbau haben die Meinungen mannigfach gewechselt. Goldenberg hatte vor bald fünfzig Jahren einen Sigillarien-Wald im Saarbrückener Revier aufgeschlossen, dessen Stämme unten über den Rhizomen einen halben bis zwei Meter im Durchmesser besaßen und oben in eine abgerundete Spitze wie ein Zuckerhut endigten, ohne irgend eine Spur von Verästelung zu zeigen. Man entwarf nach diesen Steinkernen, welche die Form des Holzes unter der Rinde wiedergeben und den Namen Syringodendron erhielten (von denen das eine Goldenberg'sche Exemplar $5^1/_2$ Meter hoch war) unverzweigte Baumformen mit einem besenartigen Blattschopf, wie der auf unserer Figur 354 links dargestellte Stamm. Indessen scheint diese Form eine seltene, und man hat einen solchen „Zuckerhut"-Wald nicht wieder angetroffen, wohl aber gablig verzweigte Stamm- oder Aststücke, die auf eine ähnliche Kronenbildung schließen lassen, wie bei den Schuppenbäumen. Hinsichtlich der Sporangien-Stände gab es ebenfalls viele Meinungsverschiedenheiten, und während einige Botaniker wirtlige Sporangien-Aehren, wie in der beistehenden Restauration annahmen, glaubten andere an endständige Zapfen. Auf Grund eines gablig verzweigten Gipfelstücks, welches oberhalb des Gabelwinkels eine Zeile von Blüthen-Abgangsstellen erkennen läßt (Fig. 355), schließt H. Potonié auf aus den Gabeln herabhängende Sporenzapfen, welche das Ende des Stammes umkränzt haben mögen, wie die Früchte vieler Palmen die Ausgangsstelle ihrer Wedel. Man unterscheidet zwei Hauptlinien unter den Siegelbäumen, die favulariſchen Sigillarien, bei denen die Blattnarben dicht aneinandergedrängt, wie die Waben eines Bienenstocks auf dem Stamme stehen, zu denen das abgebildete Gabelstück (Fig. 355) gehört und rhytidolepe Sigillarien, bei denen die

Fig. 352.
Isoëtes lacustris etwas verkleinert. st Stengel. r Wurzeln. b Blätter.

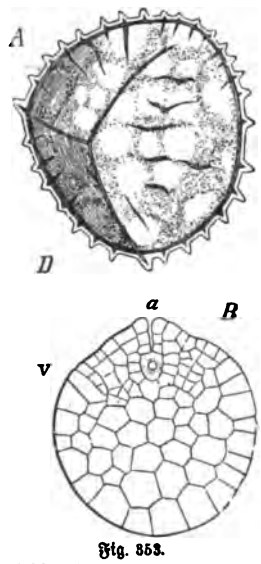


Fig. 353.
A Weibliche Spore von Isoëtes lacustris. B Längsschnitt des Vorkeims mit der weiblichen Zelle (a). Vergrößert.

Siegel entfernter auf erhobenen Längsleisten erscheinen, wie in Fig. 354c. Im anatomischen Bau des Holzes und der Blätter dieses erst im untern Steinkohlensystem (Kulm) erschienenen, im mittleren ihren größten Formenreichthum erreichenden, und im Rothliegenden bereits wieder aussterbenden Geschlechtes glaubt man Uebereinstimmungen mit den entsprechenden Verhältnissen der Palmenfarne (Cycadeen) gefunden zu haben, die bei der gesammten Stellung dieser Pflanzen nicht zu verwundern wären, obwohl sie den Lycopodiaceen im Allgemeinen und den Schuppenbäumen im Besondern immerhin näher gestanden haben dürften, als den Cycadeen.

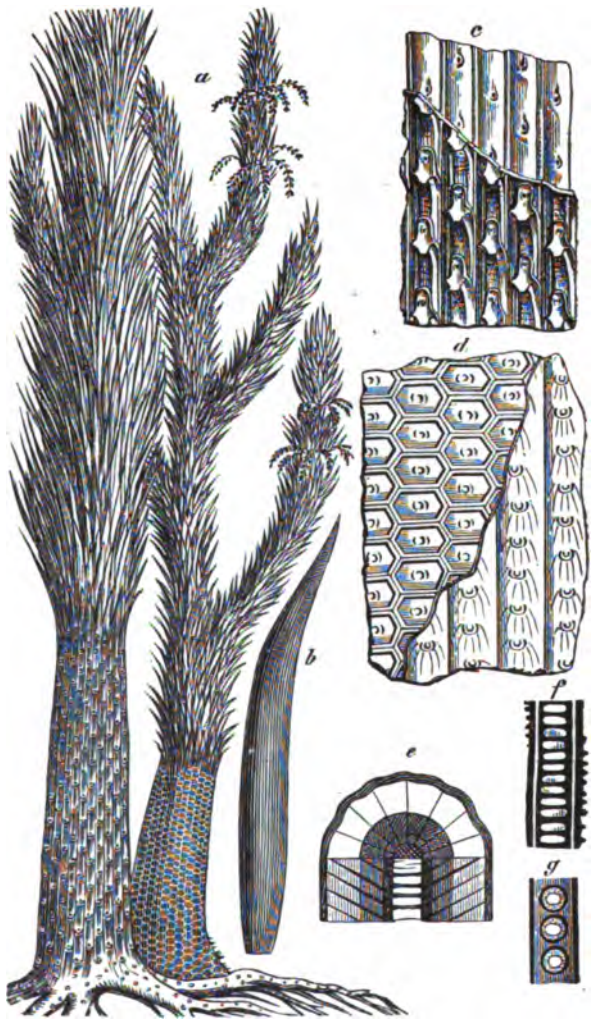


Fig. 354.

Sigillaria. a Restaurirte Bäume mit Sporangienständen. b Ein einzelnes Blatt. c d Stammstücke, theilweise mit der Rinde bedeckt, von verschiedenen Arten. e Längs- und Querdurchschnitt des Stammes. f Treppengefäß aus dem den Markcylinder umschließenden Holzringe. g Punktirtes Gefäß aus dem äußern Umfange des Holzrings.

Dem letztgenannten Paläophytologen verdanken wir an Stelle der älteren, auf Grund noch unzureichender Fossilien gewagten Restaurationen von Steinkohlenwald-Landschaften eine vor wenigen Monaten vollendete Darstellung, die er uns freundlichst gestattet hat, auf der Tafel „Pflanzenformen der Steinkohlenzeit" unsern Lesern vorzuführen und die der Wahrheit um einen erheblichen Schritt näher als die bisherigen kommen dürfte. Wir fügen eine kurze Aufzählung der im Vordergrunde dieser

Tafel von links nach rechts gruppirten Pflanzen bei. Zunächst nach links sehen wir vor dem Lepidodendron-Walde einen mit Luftwurzeln versehenen Farnbaum mit mächtigen, als Pecopteris beschriebenen Wedeln. Daneben ganz im Vordergrunde folgt ein hoher Lepidodendron mit freigewaschenem Stigmarien-

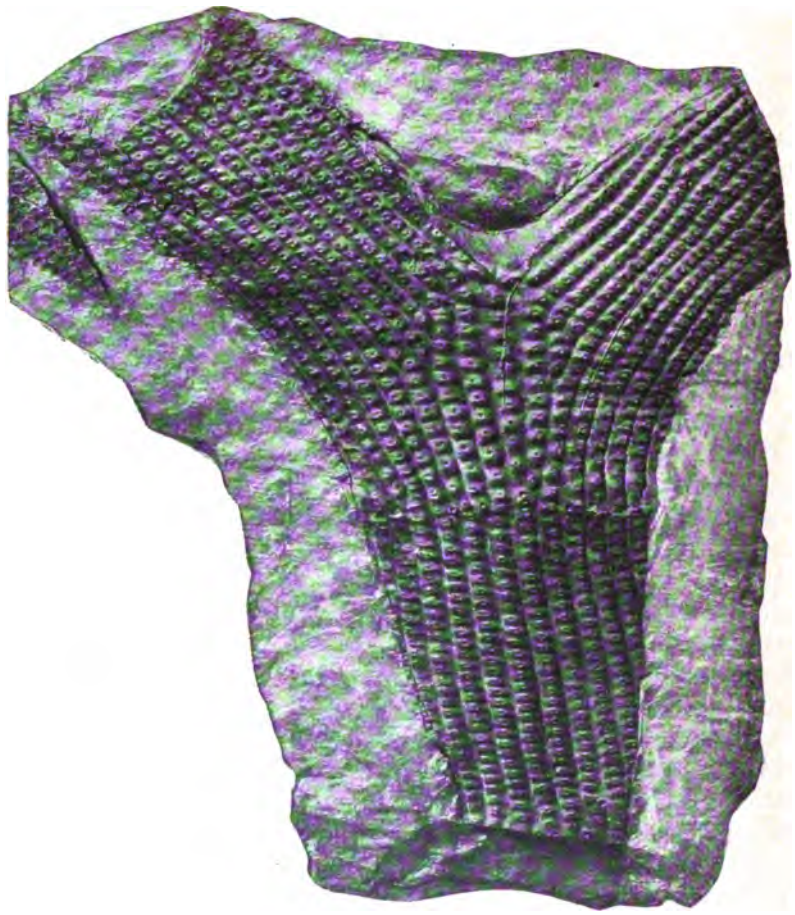


Fig. 355.
Ein favularischer Sigillaria-Gabelzweig in halber natürlicher Größe. Auf dem linken Gabelzweig links oben befindet sich auf dem Steinkern noch etwas kohlige Rinde mit den Blattnarben. Aus dem produktiven Karbon Westphalens. Nach Potonié.

Wurzelwerk und dichotomer Krone. Ein wenig weiter zurück klettert ein Lianen-Farn mit Wedeln vom Typus der Sphenopteris Hoeninghausi (vergl. oben Seite 480) an einem entgipfelten Lepidophytenstamm empor, von dessen Fuße ein liegendes Stammstück von Megaphyton (Seite 480) mit doppelter Narbenreihe ausgeht. Den Mittelgrund füllt ein Dickicht von Calamites

Pflanzenformen der Steinkohlenzeit.
(Nach einer von Dr. H. Potonié entworfenen Wandtafel.)

ramosus, dem sich nach rechts mehrere Formen der sogleich zu besprechenden Cordaïtes-Gattung (S. 498) mit langen, oft zwei- bis mehrtheiligen Blättern anschließen. Zwischen denselben liegt ein sog. „Zuckerhut-Stamm" der oben (S. 494) besprochenen Goldenberg'schen Sigillaria (Syringodendron) und vor demselben noch weiter rechts ein ebenfalls am Boden liegender Stamm des Ulodendron mit doppelter Narbenreihe (S. 493). Vor demselben erheben zwei Schlingfarne mit theilweise dichotom getheilten Wedeln vom Typus der **Mariopteris muricata** (S. 480) ihre Ranken, um an zwei todten Stämmen emporzuklettern, und schließen in ihrer Mitte eine favularische Sigillaria mit aus der ersten Gablung herabhängenden Zapfen ein.

Ganz im Vordergrunde sehen wir auf der Wasserfläche schwimmende Pflanzenteppiche, aus welchen steifaufrechte Aehren (Bowmanites) aufragen, die an die Aehren unsrer Froschlaich-Kräuter (Potamogeton-Arten) erinnern, während die wirtelförmige Beblätterung derjenigen der Annularien und Asterophyllites-Arten (S. 489) gleicht. Sie sollen das Vorkommen der Sphenophyllum-Arten versinnlichen, die im Habitus sich den Equisetaceen zu nähern scheinen, aber in weitern Einzelnheiten des Baues sich enger an die Wasser- oder Schwimmfarne (Hydropteriden) anschließen, namentlich an die Gattung Salvinia (Fig. 356), die an der Verbindungsstelle der über der Oberfläche sich erhebenden Luftblätter (b^2, b^3) und der untergetauchten wurzelähnlichen Wasserblätter (b^1) zweierlei Sporangien (5) trägt. Diese früher fälschlich Wurzelfruchtfarne (Rhizocarpeen) genannten Farne (weil die kurz- oder langgestielten Sporangien nahe den wirklichen oder scheinbaren Wurzeln entspringen), gehören einer stark decimirten, in ihrer Organisationshöhe die der Schachtelhalme und Bärlappgewächse eher überragenden Farn-Gruppe an, von der heute nur noch sehr wenige Gattungen (Azolla, Salvinia, Marsilia, Pilularia u. A.) übrig sind, während in der Vorzeit mannigfachere Geschlechter vorhanden waren, die sich theilweise bis zur Steinkohlenzeit zurückverfolgen lassen. Ihre Mikrosporangien schließen viele (4 × 16) Mikrosporen ein, deren jede im kleinen Vorkeim wenige Samenfäden (Spermatozoiden) ausbildet, während die Makrosporangien, die wie jene gruppenweise von einer sog. „Fruchtkapsel" umschlossen werden, nur je eine Makrospore enthalten, welche den kleinen weiblichen Vorkeim erzeugt.

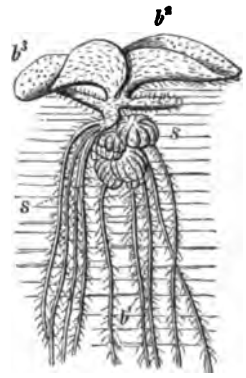


Fig. 356.
Salvinia natans.

Die Farne und farnartigen Pflanzen (Filicales), zu denen man auch die Schafthalm- und Bärlappgewächse rechnet, büßten ihr Uebergewicht seit Beginn der Sekundärzeit ein, nachdem bereits in der Primärzeit ihre Oberherrschaft durch das Auftreten einer Minderzahl unzweifelhaft höherer Formen in Frage gestellt war. Schon damals vollzog sich jene Umwälzung,

die man als die größte in der Pflanzenwelt zu betrachten berechtigt ist, der Uebergang von den verborgen blühenden Pflanzen (Kryptogamen) zu den offen blühenden (Phanerogamen). Bei den zu der ersteren Abtheilung gehörigen farnartigen Pflanzen entstehen, wie wir wissen, auf der Unterseite der Wedel oder in rand- und entständigen Behältern (Sporangien) kleine „Blühknöspchen" (Sporen), die erst nach ihrer Trennung von der Mutterpflanze einen Blüthenboden (Vorkeim) mit männlichen und weiblichen Organen erzeugen. Wenn sich die Sporen schon auf den Wedeln oder in den Zapfen der schafthalm- und bärlappartigen Gewächse zu diesen einfachen Blüthen entwickeln würden, wozu Anläufe vorkommen, so wäre die Umwandlung in eine Blüthenpflanze vollzogen. Es hat aber in Wirklichkeit vieler Schritte bedurft, bis aus den farnartigen Pflanzen Blüthenpflanzen, die auch Samen auf der Mutterpflanze erzeugten, und bei denen dann nur noch die früheste Ei- oder Samenanlage Anklänge an die Fortpflanzungsweise der farnartigen Pflanzen bewahrt, entstanden sind. Bei dieser durchgreifenden Umwandlung tritt eine unverkennbare Aehnlichkeit mit dem Entwicklungsweg der niederen Thiere zu höheren hervor. Die niederen Pflanzen entlassen ihre jungen Nachkommen ebenso wie die niederen Thiere als unvollkommene, zum Theil noch unbefruchtete Anlagen. Auf den höheren Stufen aber ernährt die Pflanze, wie das höhere Thier ihr junges Kind bis zu einem, den gesteigerten Ansprüchen genügenden fortgeschrittenen Entwicklungsgrade; sie versorgt sein Kindesalter, in welchem es selbständig auftreten soll, mit Nahrungsvorrath; sie reift Samen, in denen das junge Wesen mit einem kleinen, für Wochen reichenden Proviant eingebettet liegt. Man würde daher passender bei der Eintheilung und in der Geschichte der Pflanzen von samenlosen und samentragenden Gewächsen, statt von blüthenlosen und blühenden sprechen, denn das Samentragen ist die wesentlichste Neuerung, welche die Blüthen der jüngern Pflanzenwelt vor denen der älteren voraushaben. Sie entsprechen darin den höhern, lebendig gebärenden Wirbelthieren.

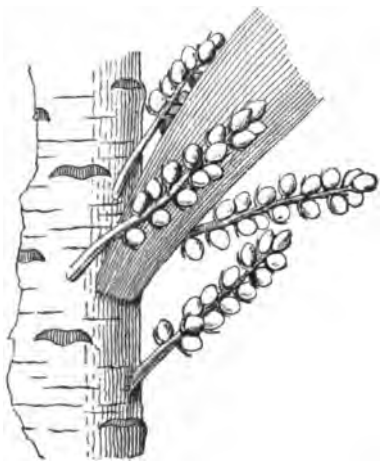


Fig. 357.
Cordaiten-Zweigstück mit 4 Blüthenständen, dem Untertheil eines Blattes und Blattnarben. 2/3 der natürlichen Größe. (Nach Grand'Eury.)

Aelteste Samenpflanzen, sogenannte Urfamenpflanzen (Archispermen) haben bereits im Devon Spuren ihres Daseins, in Gestalt verkohlter und verkieselter Samen hinterlassen. Man nannte diese devonischen und karbonischen Samen wegen ihrer vorwiegend herzförmigen Gestalt

Cordaïten und hat allmälig erkannt, daß sie meist von baumartigen Pflanzen stammen, die man zu der Gruppe der Herzfruchtpflanzen (Cordaïtaceen) zusammenfaßt. Die Physiognomie der Cordaïten, wie wir sie unter den „Pflanzenformen der Steinkohlenzeit" rechts neben den Schachtelhalmen in fünf zu mehreren Arten gehörigen kleineren und größeren Exemplaren dargestellt sehen, zeigt uns schlanke, unregelmäßig verzweigte Bäume, die wie die Schuppen- und Siegelbäume keine Pfahlwurzeln trieben, sondern wie noch heutige Sumpfbäume ein horizontal verlaufendes Wurzelwerk entwickelten. Die Zweige trugen längere oder kürzere, aber vorwiegend schmälere, parallelartige, zuweilen der Länge nach einfach oder mehrfach (dichotom) zer-

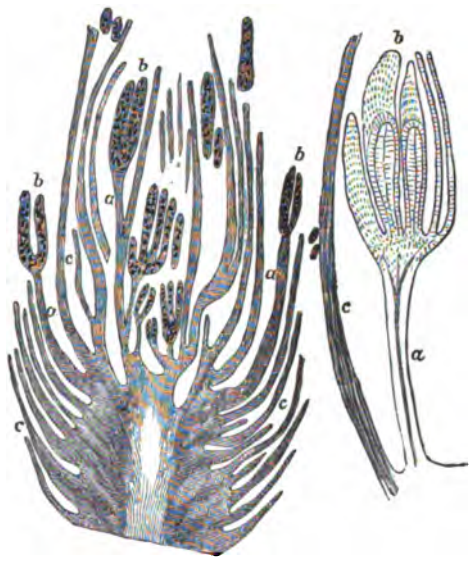


Fig. 358.
Männlicher Blüthenstand von Cordaïanthus Penjoni Renault.

Fig. 359.
Weiblicher Blüthenstand von Cordaïanthus Grand'Euryi Renault.

Steinkohlenschichten von St. Etienne.

theilte Blätter, die beim Abfallen meist längliche, quer verlaufende Narben auf den Zweigen zurückließen (Fig. 357). Die Stämme besaßen unter einer starken Rinde einen in die Dicke wachsenden Holzcylinder mit getüpfelten und gehöften Leitzellen, fast wie ältere Coniferenstämme (Araucarioxylon) und schlossen einen weichen Markcylinder ein, von dem Ausfüllungen mit dichten querverlaufenden Oberflächen-Wulsten als Artisia, Sternbergia und unter anderen Namen beschrieben worden sind.

Die bisher untersuchten traubig-ährigen Blüthenstände (Cordaïanthus), die man, da sie aus dicken Aesten hervorbrechen, fast stammbürtig nennen kann (Fig. 357), enthielten eirunde Blüthen, von denen Renault und Grand'Eury einzelne in so vollkommner Erhaltung (Verkieselung) gefunden

haben, daß sich ihre getrennt-geschlechtliche Beschaffenheit auf Querschliffen wohl erkennen ließ. Das männliche Blüthenzäpfchen (Fig. 358) besteht aus einer dicken Axe mit schuppenförmigen Blättern (c), zwischen denen gegen den Gipfel kürzere oder längere Träger (a) stehen, welche in 2, 3, häufig 6 cylindrische, sich nach innen öffnende Pollensäcke (b) ausgehen. Wahrscheinlich waren diese Träger von den Hüllblättern des Zäpfchens nicht verschieden, aber nur die obern und innern trugen Pollensäckchen. Die ziemlich großen, ellipsoidischen Pollenkörner, die nicht mit denen der höhern Pflanzen, sondern mit solchen der sogleich zu besprechenden Cycadeen zu vergleichen sind, hat man in der sog. „Pollenkammer" und in dem Archegonium-Halse der von einer einfachen Hülle (d) eingeschlossenen und von ähnlichen Schuppenblättern (c) umgebenen nackten Samenknospen (a) der weiblichen Blüthen (Fig. 359) gefunden. Wir werden diese Bildungen besser verstehen, wenn wir erst diejenigen verwandter lebender Pflanzen, der Cycadeen, betrachtet haben werden.

Fig. 360. Antholithes (Cordaianthus anomalus).

Die Steinkohlenzeit-Früchte, zu denen neben den Cordaïten, die nach ihren drei Längskanten benannten pflaumengroßen Trigonocarpen u. A. gehören, zeichnen sich meist durch die „Herzgrube", d. h. eine obere, der Pollenkammer entsprechende Vertiefung aus und sind vorwiegend als Steinkerne mit verkohlter Rinde erhalten. Ihre Längsschliffe ergaben nicht soviel Details, wie die der Blüthen und es fiel zunächst auf, daß sie innerhalb ihrer dicken Hüllen niemals einen Keimling (Embryo) erkennen ließen. Es dürfte sich dies nach Graf Solms indessen wahrscheinlich dadurch erklären, daß bei diesen Pflanzenformen die Embryo-Bildung erst allmälig, oft nach dem Abfallen der Samen erfolgt sein wird, wie noch heute bei manchen Cycadeen (Ceratozamia), Coniferen (Gingko) und Gnetaceen (Gnetum), die wir als nächste Verwandte der schon im Rothliegenden ausgestorbenen Cordaïtaceen zu betrachten haben.

Uebrigens kommen unter den Resten dieser ausgestorbenen Familie noch sehr abweichende Blüthenstände vor, bei denen die Blüthen nicht von Schuppenzäpfchen, sondern von einfachen blumenartigen Hüllen umgeben waren und in Trauben standen, z. B. bei Antholithes (Fig. 360), so daß sich daraus ährenförmige Fruchtstände, wie z. B. in Fig. 357, bilden konnten. Man wird sich überhaupt wohl vorstellen müssen, daß nicht blos Bäume mit derartigen Blüthen und Fruchtbildungen, sondern auch niedrige Kräuter vorhanden gewesen sein werden, von denen sich aber höchstens die Samen erhalten haben dürften. Und an solchen kleinen Samen, aus denen sich freilich nichts weiteres ermitteln läßt, fehlt es unter den Steinkohlenzeit-Resten nicht.

In der heutigen Welt sind die Ursamen-Pflanzen noch durch eine sehr ansehnliche, in mehrere Familien zu zerlegende Gruppe, die der Nadelhölzer oder Zapfenträger (Coniferen) und zwei kleinere Familien, deren Gemeinschaft sehr gelichtet erscheint, die der Palmenfarne oder Sagobäume (Cycadeen) und die Gnetaceen vertreten. Bei allen diesen als Uebergangsformen aufzufassenden Pflanzen sind die Blüthen auf einer ähnlichen niedrigen Entwicklungsstufe verblieben, wie bei den Cordaïtaceen der Steinkohlenzeit, die wir erst durch Vergleichung mit denselben besser verstehen lernen. Man glaubte früher, daß bei ihnen die weibliche Blüthe auf ein bloßes, aller Hüllen entbehrendes Eichen beschränkt sei, und nannte diese Abtheilung deshalb diejenige der nacktsamigen Pflanzen (Gymnospermen) zum Unterschiede von den bedecktsamigen (Angiospermen), zu denen alle höheren Pflanzen gerechnet werden. Allein diese Betrachtungsweise ist bei neuerer Untersuchung nicht stichhaltig befunden worden, und wir bleiben daher besser bei dem Namen Ursamenpflanzen (Archispermen).

Fig. 361.
Weibliche Sagopalme (Cycas circinalis) mit Früchten am Stamme und drei Wedeln mit eingerollten Fiedern in der Kronenmitte.

Die Palmenfarne oder Cycadeen (Fig. 361), deren Wedel die meisten unserer Leser aus ihrer Verwendung bei Begräbniß-Ceremonien, bei denen sie als sogen. „Palmenzweige" dienen, kennen, erinnern noch in vielen Punkten an echte Farne. Zur Steinkohlenzeit und am Ende der Primärperiode gab es noch farnähnlichere Formen als jetzt, die zum Theil zwischen Farnen, Cycadeen und Coniferen in der Mitte stehen, und mit Recht geradezu als Uebergangsglieder betrachtet werden. Sie waren die Vorgänger der eigentlichen Cycadeen, welche erst in der Triaszeit häufiger wurden, um während der gesammten Sekundärperiode den Hauptschmuck der Welt auszumachen. Ein nicht hoher, walzenförmiger oder verkürzter und dann fast eiförmiger Stamm (Fig. 366) trägt bei den Cycadeen die in Spirallinien stehenden, meist einem langen Fiederpalmen-Blatt ähnlichen Wedel. Die Fiedern sind in der Jugend schneckenförmig eingerollt, wie bei den Farnen (Fig. 362), und entwickeln sich in ähnlicher Weise, so daß auch sie mehr beblätterte Zweige als wirkliche Blätter vorstellen. Die männlichen und weiblichen

Blüthen treten in ganz ähnlichen Stellungen auf, wie die Blühknöspchen der Farne, nämlich auf der Fläche und am Rande kopfförmig gehäufter

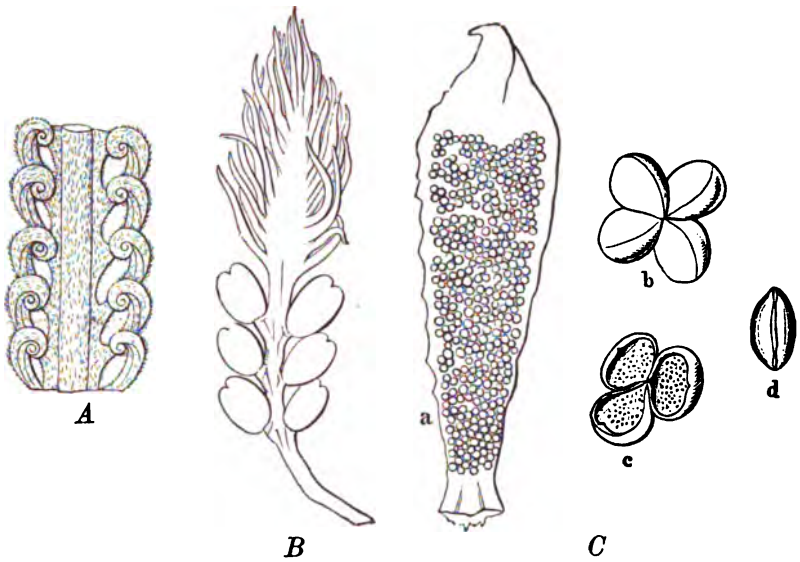


Fig. 362.

Cycas. A Unentwickeltes Wedelstück mit spiralig eingerollten Fiedern. B Fruchtblatt mit 6 Samenanlagen, 1/2 bis 1/3 natürl. Größe. C Staubblatt in natürl. Größe von unten, b vier zu einem „Sorus" vereinigte geschlossene Pollensäcke, c drei geöffnete, d ein Pollenkorn.

Wedelfiedern (Fig. 362), so daß man sogleich an Farnkräuter erinnert wird. Das Merkwürdigste ist nun aber der Befruchtungsvorgang, bei welchem das Pollenkorn nicht, wie bei den höheren Pflanzen, zu einem Pollenschlauch

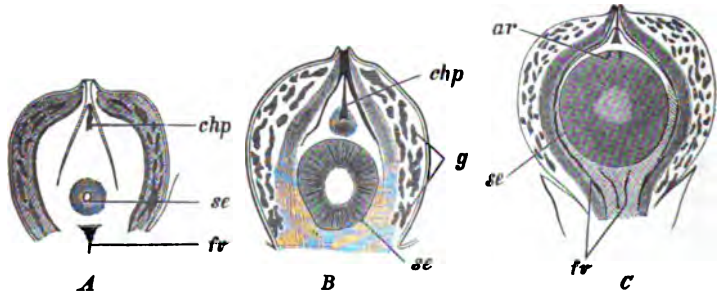


Fig. 363.

Längsschnitte durch wenig vergrößerte Samen-Anlagen von Cycas circinalis in 3 verschiedenen Altersstadien. se Keimsack, der bei B bereits zum größeren Theile, bei C ganz mit Eiweiß (Endosperm) gefüllt ist. ar Archegonium, chp Pollenkammer am Gipfel des Eiterns, fr Bastbündel, g Gummigänge. Nach Warming.

auswächst, der direkt in das Ei eindringt, sondern, wie die japanischen Botaniker Ikeno und Hirase (1897) entdeckt haben, zunächst in der Pollen-

kammer (Fig. 363 chp) eine Art männlichen Vorkeims ausbildet, der in einiger Entfernung vom Eingange des Eis bleibt und in zweien seiner Zellen zwei richtige, spiralförmig gewundene und gewimperte Samenfäden (Spermatozoiden) ausbildet, die in einem Tropfen Wasser, welcher sich in der Pollenkammer abscheidet, ihren Weg fortsetzen. Der schöne Grenzzaun, den man früher zwischen Kryptogamen und Phanerogamen errichtet hatte, indem man die ersteren als Zoidiogamae, d. h. Pflanzen, die wie die Thiere durch „Samenthierchen" befruchtet werden, den letzteren (Siphonogamae oder Schlauchpflanzen) gegenüberstellen wollte, wird also in diesen Uebergangsformen einfach umgeworfen. Die Samen erhalten harte, wie alle Theile dieser Pflanzen von Gummigängen durchsetzte Samenschalen und werden oft ziemlich groß, pflaumenähnlich, da über der harten Kernschale eine fleischige liegt. Bei manchen Cycadeen (Ceratozamia) ist der Keim, wenn sich die reifen Samen vom Fruchtblatt lösen, noch äußerst unentwickelt, und entwickelt sich erst nach der Aussaat beim Keimen, ein Verhalten, was in ähnlicher Weise, wie es scheint, auch bei den Cordaïtaceen-Samen des Steinkohlenwaldes (vgl. Seite 500) aufgetreten war.

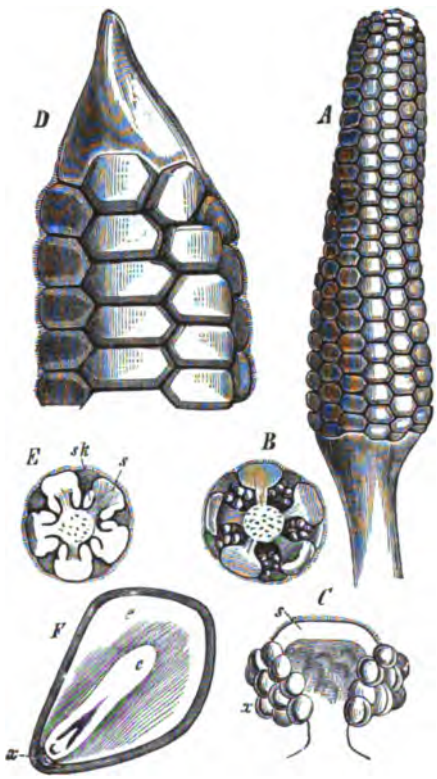


Fig. 364.

Blüthenstände eines lebenden Palmenfarns (Zamia muricata). Nach Karsten. A Männlicher Blüthenstand in natürlicher Größe. B Querschnitt desselben. C Staubblatt mit den Pollensäcken (x) und dem schildförmigen Träger (s). D Spitze eines weiblichen Blüthenstandes in natürlicher Größe. E Querschnitt desselben, s Die schildförmigen Träger der Samenknospen (sk). F Reifer Same im Längsschnitt.

Andere Gattungen, wie Zamia (Fig. 364), von der schon in der jüngeren Steinkohlenzeit Vorgänger (Zamites-Arten) vorhanden waren, weisen Blüthenstände auf, die mehr an diejenigen von Schafthalmen und Coniferen erinnern. Manche hierhergezogene fossilen Blüthenstände, wie z. B. die von Bennetites und Williamsonia berühren ganz fremdartig, so daß man sie in die Nähe der Balanophoreen stellen wollte. Bei andern bis in das Karbon zurückreichenden Arten, wie den Nöggerathien, schwanken die Meinungen, ob man sie schon mit Recht zu den Coniferen oder Cycadeen oder nicht doch lieber noch zu den Farnkräutern rechnen soll. Die baum-

artigen Arten, welche in dem Mark ihrer dicken Stämme Sago liefern, brachten die Physiognomie der Palmen in die junge Pflanzenwelt, ohne die Grazie der vollendeten Palmenform zu erreichen.

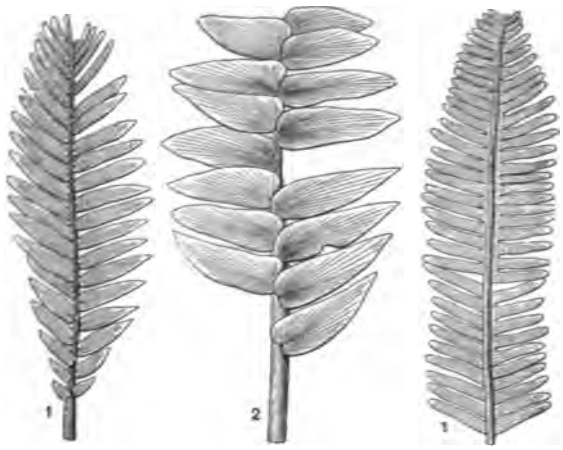


Fig. 365.
Cycadeen-Wedel der Sekundärzeit. 1 Zamites Moreaunus Brongn. (Jura). 2 Otozamites decorus Sap. (Jura). 3 Pterophyllum concinnum Heer (aus der Kreidezeit).

Die Jurazeit und namentlich die Oolith-Periode derselben, bildete die Glanzzeit der Cycadeen; sie erreichten damals ihren größten Artenreichthum und ihre stärkste Massenentfaltung; die palmenartigen Bäume unsrer „idealen Juralandschaft" gehören der hier (Fig. 365[3]) in einem jüngern Vertreter abgebildeten Gattung Pterophyllum an. Auch in der Kreidezeit waren sie noch zahlreich, obwohl eine Abnahme merklich ist, aber während sie damals über die gesammte Erdoberfläche verbreitet waren, bewohnen heute nur noch etwa 75 Arten, meist in Gesellschaft ihrer alten Kameraden, der baumartigen Farne, einen schmalen Gürtel der warmen Zone, der sich indessen mit nur geringen Unterbrechungen um die Erde herumlegt. Unter den heut lebenden Cycadeen-Arten sind manche, die in vieler Beziehung, wie z. B. die afrikanische Stangeria (Fig. 366), das Gepräge längst ausgestorbener Arten tragen, andere hingegen neigen zu den Coniferen hinüber, kurz, sie zeigen in vieler Beziehung den Charakter von Uebergangsformen, die in der Regel zum Aussterben verurtheilt waren.

Fig. 366.
Männliche Pflanze der Stangeria paradoxa. 1/15.

In der That hat man früher eine Reihe von Pflanzen zu den Nöggerathien und mit diesen zu den Cycadeen gerechnet, die in Wirklichkeit in die Nachbarschaft der Nadelhölzer, nämlich zu der eigenthümlichen Gruppe der Gingkoaceen oder Salis-

burien, näheren Verwandten unſres Eibenbaumes (Taxus) gehören. Sie verrathen aber dieſe Verwandtſchaft nur in der Blüthen- und Fruchtbildung, denn ſie beſitzen keine Nadeln, ſondern breite, meiſt getheilte, lebhaft grüne Blätter, ſo daß man ſie farnblättrige Nadelhölzer oder Coniferen nennen möchte, wenn darin nicht lauter Widerſprüche lägen. Man theilt dieſe größte Archiſpermen-Klaſſe, deren Arten ſich durch den Reichthum an Harz auszeichnen, gewöhnlich in zwei Ordnungen ein, in Taxoideen mit nur wenigen Samen-Anlagen in den weiblichen Blüthenſtänden und in Pinoideen mit echten Zapfen und vielen Eianlagen darin. Von den erſteren ſind nun die Salisburien die älteſten: ſeltſame den Laubbäumen in der äußeren Tracht gleichende Bäume, welche in der Primär- und Sekundär-Zeit die damals noch gänzlich fehlenden Laubhölzer phyſiognomiſch erſetzten. Eine einzige Art dieſes ſehr ſonderbaren Typus hat ſich noch in Oſtaſien am Leben erhalten und auch dieſe nur unter der Pflege des Menſchen, der ſie dort in den Tempelhainen pflegt und vermehrt, und das war für unſer Verſtändniß mancher foſſiler Arten ein rechter Glücksfall, denn wir hätten dieſe ſeltſamen foſſilen Geſellen ihrer Sippſchaft ſonſt ſchwerlich richtig untergebracht. Es iſt der ſogenannte „Vierzig-Thaler"-Baum unſerer Parke, ſo getauft nach dem Preiſe, den man für die erſten nach Europa gebrachten Stämme zahlte, der Ginkgo der Heimathländer (Fig. 367), bei dem man vor Kurzem die überraſchende Entdeckung gemacht, daß er ebenſo wie die Cycadeen (vgl. S. 502) noch bewegliche männliche Samenfäden erzeugt, ſich alſo nicht blos im äußern Habitus, ſondern auch im innerſten Leben den Farnen anſchließt, obwohl die männlichen Kätzchen faſt an die unſerer Pappeln und Haſelnüſſe erinnern, während die weibliche Blüthe derjenigen einer echten Eibe gleicht. Blätter und Blüthentheile naher Verwandten hat man in juraſſiſchen Süßwaſſerbildungen des obern Amurgebietes und anderer Gegenden gefunden, ſo daß anzunehmen iſt, ſie hätten die Ufer der damaligen Landſeen beſchattet, und ihre Blätter und zarten Blüthenkätzchen ſeien dort hineingeſchwemmt worden.

Fig. 367.
Ginkgo biloba (Salisburia adiantifolia). 1 Zweigſpitze mit weiblichen Blüthen in halber Größe. 2 Männliches Kätzchen.

Die hierher gehörigen fossilen Gattungen **Baiera**, **Gingkophyllum** und A. waren wahrscheinlich, wie der noch lebende **Gingko**, hohe Bäume, deren an den verkürzten Aesten (Kurztrieben) zusammengedrängtes, lichtgrünes Laub ähnliche Kronenbildungen wie unsere, damals noch fehlenden Laubhölzer darboten. Bei einigen (Fig. 368) war das Laub so vollständig farnartig, daß man dasselbe, ehe man Blüthentheile und Früchte gefunden, Farnkräutern zutheilte, wie es denn namentlich unter den Schizäaceen genau entsprechende Wedelbildungen giebt. Die heute auf eine einzige lebende Gattung beschränkte Gruppe läßt sich in den Gattungen **Dadoxylon**, **Baiera**, **Trichopitys** und **Dicranophyllum** bis zur Steinkohlenzeit zurückverfolgen, gehört somit zu den ältesten Nadelholz-Vettern, die wir kennen.

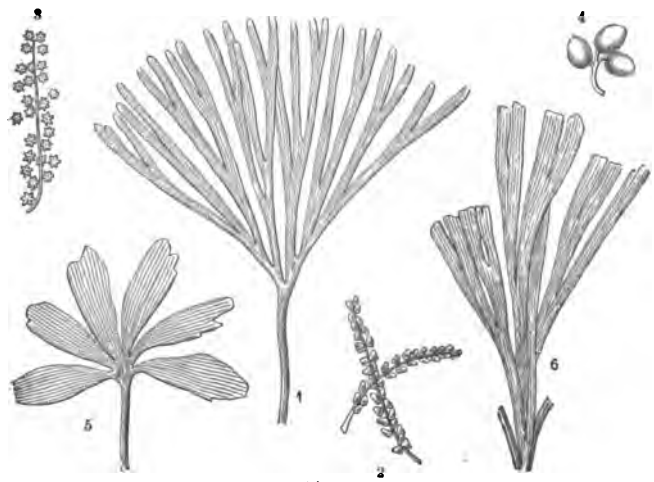


Fig. 368.
Aeltere Vertreter des Eibengeschlechts. 1—4 Baiera Münsteriana Heer (Jura). 1 Blatt. 2 Männliche Kätzchen. 3 Dieselben nach dem Ausfallen der Antheren. 4 Früchte. 5 Ginkgo pluripartita Heer (Wealden). 6 Ginkgophyllum Grasseti Sap. aus den permischen Lichten von Lodève.

Die **Nadelhölzer** im strengeren Sinne des Wortes schließen sich physiognomisch den Bärlapparten oder Lycopodiaceen, die, in der Steinkohlenzeit hohe Bäume bildeten, näher als den Farnen an. Der zu dem ältesten Coniferen-Geschlechte gehörige, von den Engländern wegen seiner mit dicken Stachelblättern in Schraubenlinien besetzten Aeste sogenannte Affenverdrußbaum (**Araucaria imbricata**) gleicht völlig einem baumartigen Bärlappgewächs. Andererseits sind einige der kleinen Bärlappe unserer Wälder, die freilich am Boden hinkriechen, ihrer Tracht nach kaum zu unterscheiden von den mit angedrückten Schuppen bedeckten Aesten mancher Cypressen-Arten und selbst einem namhaften Botaniker konnte es zustoßen, daß er eine Cypressen-Art Sumatra's für ein baumartiges Lycopodium ansah. Ueberhaupt wird uns der Typus unserer Nadelhölzer am verständlichsten werden, wenn wir in ihm die Anklänge an die Schafthalm-Form, in der quirlförmigen Astbildung und Kätzchen- sowie Zapfenform der Blüthen (vergl. Fig. 369 A.B.) und an die Lycopodium-Form in der dichten Schuppen- oder Nadelbeblätterung beachten, nur daß sie unter ihren Zapfenschuppen nicht Blühknöspchen, die erst auf der Erde

keimen, sondern gleich wirkliche Blüthen entwickeln. Wir können die fossilen Mittelglieder zwischen den baumartigen Bärlappen oder Schafthalmen und ältesten Nadelhölzer nicht genau genug unterscheiden, wahrscheinlich gehörten manche, die bisher theils als Schafthalme, theils als Bärlappe, theils als Nadelhölzer beschriebenen älteren Formen zu diesen Uebergangsgliedern (vergl. S. 490). Die Unterscheidung ist nicht leicht, denn bei einer sorgsamen Vergleichung zeigt sich, daß bei den Blüthen der Nadelhölzer und aller Ursamenpflanzen sogar noch dieselben Bezeichnungen angewendet werden können, wie bei den Kryptogamen. Die nunmehr als Pollensäckchen bezeichneten Microsporangien stehen an der äußern Basis schildförmiger Blätter (Fig. 364 C, 369 B), die zu einem ährenförmigen Blüthenstande wie bei den Schafthalmen vereinigt sind (A in beiden Figuren). Die von den Pollensäckchen entleerten Pollenkörner verdienen noch den Namen Microsporen, da sie nicht wie die Pollenkörner der höhern Pflanzen einzellig sind, sondern sich zu drei bis vier Zellen gliedern, die einem rudimentären Prothallium entsprechen. Die Macrosporangien oder weiblichen Blüthen stehen entweder einzeln, wie beim Taxus (Fig. 369 C D E), oder ihrer viele sind zu einem Zapfen vereinigt. Der keimenden Macrospore mit dem Archegonium (Fig. 353 B) entspricht der Knospenkern (nucellus) der Archispermen mit einem oder mehreren Embryosäcken (Archegonien Fig. 370 e), allein nunmehr sind es nicht mehr selbstbewegliche Samenfäden, welche im Wasser schwimmend, die Befruchtung des weiblichen Organs vollziehen, sondern an deren Stelle sind staubförmige Pollenkörner (p) getreten, die der Wind auf die weiblichen Blüthen führt. Dort treiben sie Schläuche (r), die bis zu den Samenanlagen hinabsteigen und sie auf der Pflanze selbst befruchten. Damit ist nahezu die Form erreicht, in welcher dieser Vorgang bei allen später erschienenen Pflanzen auftritt; das junge, in dem weiblichen Organe entstandene Pflänzchen wächst vorläufig nur bis zu einem gewissen Grade aus und tritt dann in den Zustand der Samen-Ruhe, welchen die Natur bis dahin nicht gekannt hatte. Denn wie wir oben sahen, wächst bei den Moosen, Farnen, Bärlappen, Schafthalmen u. s. w. die junge Pflanze als Mooskapsel, Farnwedel u. s. w. sogleich aus der Blüthe ununterbrochen weiter; die Ruheperiode gehörte ehe-

Fig. 369.
Taxus baccata. A Männliche Blüthe (vergrößert), a Pollensäcke. B Dieselben geleert. C Laubsproß mit weiblicher Blüthe, s Schuppenhülle, sk Samenknospe D und E Längsdurchschnitte der Samenknospe vor der Befruchtung, i Hülle, kk Kern der Samenknospe, s Deckblätter, x Nebenknöspchen. (Nach J. Sachs.)

mals der Spore, die wir als Blüthenanlage bezeichnet haben, zu; von nun an ist es die im Samen geborgene, junge Pflanze selbst, deren erste Entwicklung auf der Mutterpflanze stattfindet und dann bis zur Ueberpflanzung in die Erde ruht.

Die Coniferen oder Nadelhölzer, welche bereits zur Steinkohlenzeit in einzelnen Erstlingen auftraten, gewannen in der Sekundärzeit mit den Palmenfarnen das Uebergewicht über die von da an mehr zurücktretenden Baumfarne, Schafthalme und Bärlappe, besonders auch durch das vollkommene Aussterben der zu den Bärlappen gehörigen Schuppen- und Siegelbäume. Neben die Taxoideen mit einzeln stehender weiblicher Blüthe traten früh andre Coniferen (Pinoideen) mit zapfenförmigem Blüthenstand, bei denen hinter jeder Schuppe zwei oder mehrere weibliche Blüthen stehen. Die Walchien, Ullmannien und Voltzien waren die ältesten Vertreter dieses Grundstammes, von dem sodann sich die Albertien abzweigten, die in breitblättrigen Dammarbäumen noch heute Nachkommen zu haben scheinen. Jene vollkommen ausgestorbenen Geschlechter glichen im äußern Ansehen und in ihrer dichten, rings um die Aeste gehenden Belaubung (Fig. 371) den schon oben erwähnten, noch heute vertretenen Araukarien, die jedoch in ihrer modernen Form nur bis zur Jurazeit zurück verfolgbar sind. Wahrscheinlich hatten diese ältesten Zapfenträger ebenso wie die Abietinen der nördlichen und wie die Araukarien der südlichen Hemisphäre hängende (d. h. verkehrt, mit der Mündung nach unten gerichtete) weibliche Blüthen.

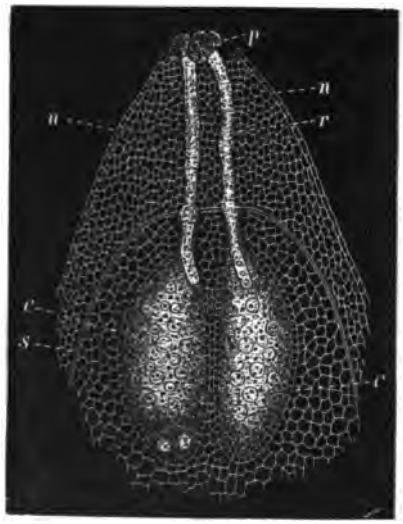


Fig 370.
Die Spitze des dem Macrosporangium der Lycopodiaceen entsprechenden Knospenkerns (nucellus) der Samenanlage einer Weißtanne (Abies) im Längsschnitt. s Wand des Keimsackes, r Pollenschlauch, cc Eizellen der beiden Archegonien mit beginnender Keimbildung am Grunde des linken Archegoniums.

Die Familie der den Araukarien ähnlichen ältesten Nadelhölzer, welche mit ihren Nebenzweigen durch die Dyas-, Trias- und Lias-Periode ausschließlich die Herrschaft behielt, machte dann den in der Jurazeit beginnenden und bis zur Kreidezeit überwiegenden Cypressen (Cupressinen) mit aufrechten Samenanlagen Platz, bei welchen eine Tendenz zur Verkleinerung und Verschmälerung der Blätter in Schüppchen bemerklich wird. Wenn wir nach analogen Erscheinungen der Jetztzeit einen Schluß machen dürfen, so glauben wir in einem Nadelholze der Triaszeit, bei einer Voltzia (Fig. 371) eine Uebergangsform von den Araukarien zu den jüngeren Gruppen wahr-

zunehmen. Sie zeichnet ſich dadurch aus, daß ſie gleichzeitig zweierlei ganz verſchiedene Nadeln an ihren Zweigen trägt. Man wird dadurch an die Metamorphoſe erinnert, welche die lebenden Cupreſſinen unſerer Parke als

Fig. 871.
Voltzia heterophylla aus der Trias. Reſtaurirt nach Schimper.

Seitenſtück zur Metamorphoſe der Thiere durchmachen. In der Jugend zeigen ſie nämlich faſt alle, mögen ſie nachher ausſehen, wie ſie wollen, in einem dreigliederigen Quirl ſtehende Nadeln. Dieſe Nadeln erhalten ſich bei den echten Wachholder-Arten dauernd, bei den Sabina-Arten hin-

gegen verschwinden sie bald und machen anliegenden Schuppen Platz. Bei den aus Samen gezogenen eigentlichen Cypressen und Lebensbäumen (Fig. 372) verlieren sich die Nadeln, welche offenbar einen Ahnen-Charakter darstellen, noch schneller, doch kommt es ausnahmsweise auch vor, daß z. B. der abgebildete, in unseren Parken häufige, amerikanische Lebensbaum das Nadelgewand seiner Ahnen durch eine Art Atavismus zeitlebens behält, und ebenso alle von ihm genommenen Pfropfreiser, die dann häufig für ganz andere Cupressinen gehalten werden. Eine ähnliche Metamorphose hat sich bei verschiedenen Nadelhölzern aller Unterfamilien dadurch vollzogen, daß die ursprünglich in dichten Spiralen rings um die Aeste stehenden Nadeln sich zweireihig angeordnet haben, wie bei unserer Fichte oder Rothtanne, um das Licht besser aufzufangen. Im weitern Verfolg dieser Erscheinung sind von den zahlreicheren Reihen, welche die Nadeln ursprünglich rings um die Aeste bildeten, häufig alle, bis auf zwei Reihen verkümmert und endlich verschwunden, so daß diese beiden sich fiederartig nach zwei Seiten horizontal ausbreiten, wie bei Taxus, Taxodium u. A. Bei verschiedenen ausgestorbenen Formen ist dieser Vorgang auf verschiedenen Stufen zu verfolgen; die abortirenden Reihen sind, wenn auch in verkümmerter Ausbildung, noch zwischen den beiden vollauswachsenden Nadelreihen erhalten.

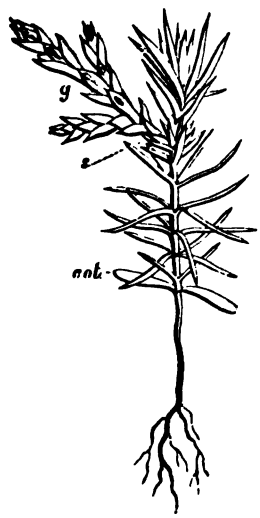


Fig. 372.
Keimpflanze des Lebensbaums (Thuja occidentalis). Der von dem Blatte s gestützte Schuppenzweig entspringt plötzlich dem jungen Nadelstamme, cot Keimblätter.

Erst in der Kreidezeit erschienen diejenigen Nadelhölzer, an welche wir zuerst bei diesem Namen denken, nämlich die Abietinen (Kiefern, Cedern, Fichten, Tannen, Lärchen u. s. w.), welche durch längere Nadeln und hängende Samenanlagen ausgezeichnet sind. Mit dem Beginn der Tertiärzeit übertrafen sie die Cypressen an Artzahl, und heute haben sie, namentlich in den gemäßigten Zonen, vollends das Uebergewicht erlangt. Während aus den älteren Epochen eine große Anzahl von Araucarien im fossilen Zustande erhalten ist, leben deren nur noch sechs Arten; von der nahestehenden Sequoja-Gruppe, der die nordamerikanische Riesenceder (Sequoja oder Wellingtonia) angehört, kennt man gegen siebzig fossile Arten aus Europa, wo heute keine einzige mehr vorhanden ist. Die letzte europäische Art, Sequoja Langsdorffi, welche von der noch lebenden S. sempervirens Amerika's vielleicht gar nicht oder sehr wenig verschieden war, bildete in der Miocänzeit noch große Wälder. Umgekehrt waren kurz vor Beginn der Tertiärzeit die heute herrschenden Abietinen sehr selten und beispielsweise gab es statt des heute gegen hundert Arten umfassenden Geschlechts der Kiefer (Pinus-Arten) zu einer gewissen Epoche der Vorzeit nur eine einzige

Art dieses Geschlechts, die man wegen ihrer Aehnlichkeit mit der amerikanischen Weymouthskiefer als Pinus Palaeo-Strobus bezeichnet hat. Von ihr lassen sich, wie C. von Ettingshausen in neuerer Zeit gezeigt hat, die sämmtlichen heute lebenden Kiefern in zwei Hauptreihen ableiten, von denen die eine diejenigen Kiefern umfaßt, welche stets zwei Nadeln in derselben Scheide enthalten, die andre diejenigen mit drei bis fünf Nadeln. Die erstere Reihe führt durch P. Palaeo-Laricio und P. hepios einerseits auf die Schwarzkiefer (P. Laricio) mit ihren Abarten und andererseits auf die gemeine Kiefer (P. sylvestris) und Krummholzkiefer (P. Pumilio), welche also verhältnißmäßig junge Formen sind. Von der andern Reihe, die mit P. Prae-Cembra beginnt, stammen die Weimouthskiefer (P. Strobus) und Weihrauchskiefer (P. Taeda) Amerika's einerseits und die Zirbelkiefer (P. Cembra) unserer Gebirge andrerseits ab. Wir haben dieses Beispiel eines in allen seinen Uebergängen verfolgten Stammbaums von einem heute weitverbreiteten Baumgeschlechte anführen wollen, als einziges Beispiel von den vielen Fällen, in denen man die Abstammung unserer Waldbäume bis in den Anfang der Tertiärzeit verfolgen konnte, zu deren Darlegung uns aber hier der Raum fehlen würde. Ebenso wie die Kiefern, haben sich die in der Vorzeit nur in ein bis zwei Arten vertretenen Geschlechter der Fichten, Tannen, Schierlingstannen (Tsuga) und Lärchen vermehrt, während die Cupressinen sich sehr vermindert haben und in Europa bis auf zwei bis drei Arten ausgestorben sind.

In der Einfachheit der Blüthen- und Samenbildung schließt sich unmittelbar an die Palmenfarne und Nadelhölzer eine dritte Familie an, die der Meningo's oder Gnetaceen, interessant dadurch, weil sie einen Uebergang von den Ursamenpflanzen zu unsren Kätzchen-Bäumen und -Sträuchern darzustellen scheint. Es ist natürlich eine uralte Familie, die aber heute bis auf drei bekannte Gattungen Gnetum, Ephedra und Welwitschia ausgestorben ist. Die beiden ersten Gattungen enthalten Bäume und Sträucher mit gegliederten Aesten, kleinen, zum Theil schuppenartigen Blättern und unscheinbaren Blüthen. Von dem in Europa vorkommenden Meerträubchen (Ephedra), welches in seiner Tracht lebhaft an Schafthalme erinnert, kennt man einige fossile Arten der Sekundärzeit und in Stephanocarpus und Gnetopsis glaubt Renault sogar Gnetaceen der Steinkohlenzeit nachgewiesen zu haben. Eine höchst abenteuerliche Gestalt zeigt der hierhergehörige Tumbo (Welwitschia mirabilis) Südwest-Afrikas (Fig. 373), welcher einen bis zwei Fuß langen Stamm keilförmig in die Erde treibt. Der nur wenige Zoll über die Oberfläche emporragende Kopftheil bildet dicke, runde Platten bis zu vierzehn Fuß Umfang, die in der Regel durch einen Querspalt tief in zwei Hälften getheilt werden, an denen je ein zwölf bis achtzehn Fuß langes, hartes, bandartiges Blatt sitzt. Diese beiden, oft bis an den Stamm gespaltenen und zerschlitzten Blätter sind die einzigen, welche dieses Gewächs in seinem vielleicht hundertjährigen Leben treibt. Dagegen

entſpringen beinahe alljährlich in der Nähe der Blattachſel zapfen- oder kätzchenförmige Blüthenſtände, mit männlichen oder weiblichen Blüthen unter

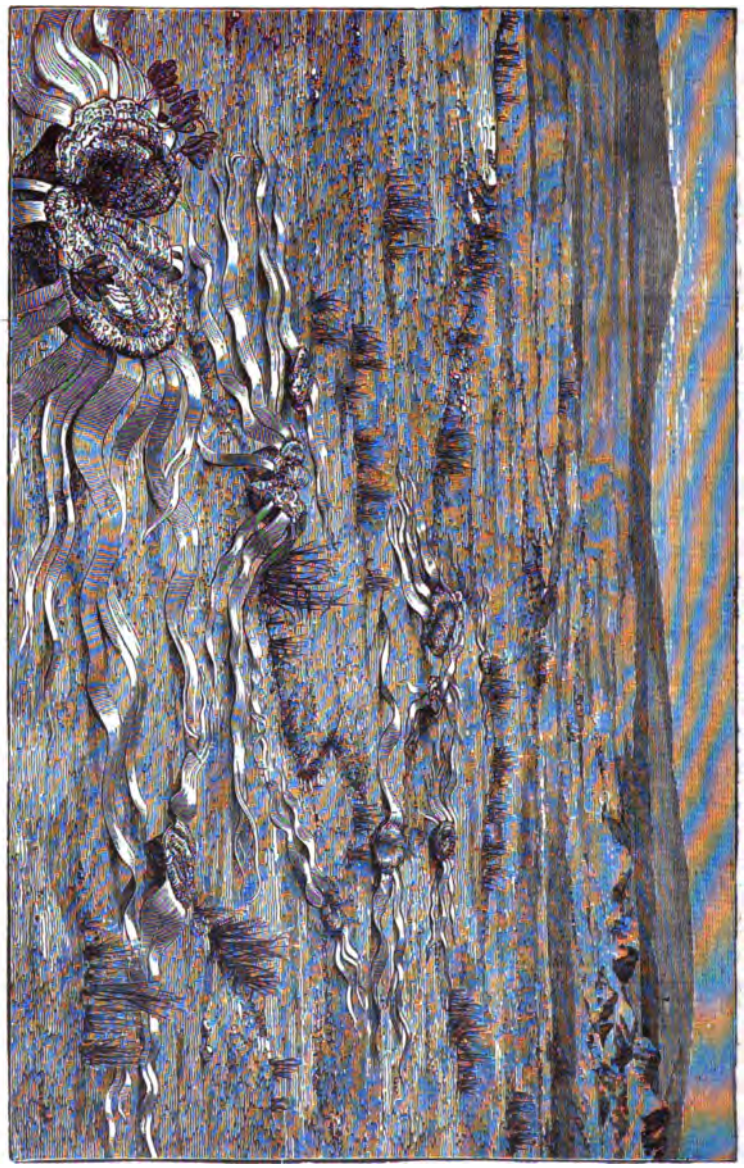


Fig. 373.
Welwitschia, Stämme in einer Ebene bei Mossamedes.
Ganz im Vordergrunde ein Exemplar mit an kurzen Aesten sitzenden Blüthenkätzchen oder -Zapfen.

den Schuppen, welche Samen erzeugen, welche, wie die der Coniferen, geflügelt ſind, um vom Winde weiter getragen zu werden, bis ſie eine günſtige

Keimungsstelle finden. So erscheint sie nun in ihrer grotesken zweiblättrigen Gestalt, wie ein vergrößerter Urtypus jener Hauptabtheilung des Pflanzenreichs, die wir als die Zweiblattkeimer (Dikotylen) bezeichnen.

Wir müssen hier eine allgemeine Umschau einschalten. Während die Landschaftsphysiognomie noch während der ganzen Sekundärzeit durch Farne, Palmenfarne und Nadelhölzer bestimmt blieb, hatten sich längst neue Fortschritte im grünen Reiche geltend gemacht, welche sich einestheils auf die Ausbildung des Laubes, andererseits auf die der Blüthen erstreckten. Es gab noch keine eigentlichen Blumen; die weiblichen und männlichen Organe boten sich ohne farbenprächtige Hülle den Winden dar, die den Staub der männlichen auf die weiblichen Blüthen führten. Bei der neuen Zeit und Periode der Pflanzen handelt es sich nicht mehr um so tiefgehende Umwandlungen, wie diejenigen waren, welche die Sporenpflanze in eine Samenpflanze umschufen, sondern fast nur noch um eine Sicherung des Fortpflanzungsgeschäfts durch die verschiedensten Mittel und Wege und alle künftige Fortbildung knüpft deshalb an die Blüthe, den Schmuck der höheren Pflanze an. Die Pflanzen-Fortschritte halten keinen Vergleich mit denen des Thieres aus, bei welchen Sinnes-, Denk- und Fortbewegungsorgane der Verbesserung eine weite Bahn eröffneten, aber dafür auch eine größere Vielgestaltigkeit erzeugten, welche die Feststellung der hauptsächlichsten Entwicklungslinien des Thierreiches viel leichter erscheinen lassen, als die des Pflanzenreiches mit seiner bei allem Reichthum der Formen hindurchblickenden Einförmigkeit der Lebensweise.

Ohne Zweifel hat es neben Palmenfarnen, Nadelhölzern und Gnetaceen in der Primärzeit noch manche andern, jetzt ausgestorbenen Ursamenpflanzen gegeben, die ebenso unmittelbar und nahe, wie jene an die Farngewächse anknüpften, aber zukunftsreichere Sprossen des grünen Reiches darstellten. Wir können nichts weiter als den Weg und die allgemeinen Umrisse andeuten, welche ihre Vervollkommnung genommen hat. Wie die Pilze aus Wassergewächsen (Algen) entstanden sind, die sich allmälig in Luftgewächse umgewandelt haben, und statt ihrer für die Wasserverbreitung geeigneten in Kapseln und Schläuchen eingeschlossenen Sporen, Luftsporen (Conidien) für Windverbreitung erlangten, so wandelten sich die Mikrosporangien, die noch bei einigen wenigen heute lebenden Cykadeen und Coniferen für die Wasserbefruchtung geeignete Spermatozoiden erzeugen, in Windpollen um, der einfache Schläuche in das Ei der Pflanzen treibt, auf deren Narbe er durch Wind oder andere äußere Gewalten gelangt. Die Hauptumwandlung aber betrifft die Fruchtanlage.

Vergleicht man die Gruppe der Ursamenpflanzen (Archispermae), von denen bisher gesprochen wurde, mit den ohne Zweifel aus ihnen hervorgegangenen und heute in ungeheurer Mehrzahl vorhandenen echten Samenpflanzen (Metaspermae), so tritt uns als der allgemeinste und wichtigste Fortschritt die Beschützung der bei den Ursamenpflanzen den äußern Un-

bilden und Gefahren sehr ausgesetzten Samen-Anlagen oder Eichen entgegen. Wir sehen sie zunächst (vergl. Fig. 359) ganz offen, nur von einigen lose darum stehenden Hüllblättern bedeckt, allen von außen andringenden Schädlichkeiten preisgegeben. Bei den höhern Pflanzen verwachsen dagegen stets ein- oder mehrere, zur Seite oder rings um die Samenanlagen stehenden Fruchtblätter (Carpelle) zu einer über dieselben geschlossenen Kuppel, mit einer kleinen halb verschlossenen Eingangsöffnung (Narbe) am Gipfel, die sich häufig zu einem engen Schlot (Griffel oder Pistill) verlängert, durch dessen weiches Gewebe nunmehr die befruchtenden Schläuche, zu denen die auf die Narbe gelangten Pollenkörner auswachsen, hindurchdringen müssen, um die Samen-Anlagen oder Eichen zu befruchten. Man nennt diese schützende Hülle den Fruchtknoten und unterschied nach seinem Vorhandensein die höhern Pflanzen als Bedecktsamige (Angiospermae) von den nacktsamigen Archispermen (Gymnospermae). Den materiellen Vortheil, welchen diese Einschließung der jungen Samen-Anlagen in einem Fruchtknoten mit sich brachte, erklärt Wilson durch den damit herbeigeführten Schutz der zartesten, empfindlichsten und wichtigsten Theile der Pflanze gegen Wetterunbill, Brandpilze und andre Krankheitskeime, welche sie bedrohen. Indem die Pflanze die zarten Samen-Anlagen durch eine Hülle, welche nur filtrirte Luft einließ, von der Außenwelt vollständig abschloß, führte sie eine sanitäre Maßregel ein, deren Nutzen uns die neueren Bakterien-Forschungen verständlicher gemacht haben. Der Abschluß gegen mikroskopische Keime ist so vollkommen, daß selbst die Pollenkörner gezwungen werden, ihre Schläuche durch ein oft sehr langes saftiges Gewebe hindurchzutreiben, um zum Ei zu gelangen. Der Fortschritt ist also hier ein offenbarer.

Wenn wir nun auch die höhern Pflanzen, die man als eigentliche Samenpflanzen (Metaspermae) bezeichnet, den Ursamenpflanzen als eine in der Fruchtbildung wesentlich fortgeschrittene, einheitliche Gesammtgruppe gegenüberstellen, so müssen wir in ihnen doch von Anfang an wenigstens zwei Hauptstämme und Entwicklungsrichtungen auseinanderhalten, die sich seit dem ältesten Auftreten zeigten, und unverwischt erhalten haben, so daß man annehmen muß, sie verdankten den ganz verschiedenen Habitus und Bau ihrer Angehörigen einem von Anbeginn verschiedenen Blute und einer altererbten Stammverschiedenheit. Grade wie wir bei Menschen und Hausthieren auf den ersten Blick verschiedene Rassen unterscheiden und nur in den seltensten Fällen über die Abstammung in Zweifel bleiben, so unterscheidet der nur einigermaßen in die Pflanzenkunde Eingeweihte auf Feld und Wiese sofort die Pflanzen des eines Stammes von denen des andern, so verschieden auch sonst ihre Entwicklungsstufe sein mag. Man trennt sie nach ihrer Keimung in solche, die mit einem, meist scheidenartig die Spitze des Sprosses umhüllenden Blatte (Cotyledon) hervorkeimen (Einblattkeimer oder Monokotylen) und solche, mit zwei gegenüberstehenden Keimblättern, wie die jungen Erbsen und Bohnen (Zweiblattkeimer oder Dikotylen).

Die ersteren zeichnen sich, allgemein betrachtet, durch scheidenförmig den Stamm einhüllende, parallelnervige, ganzrandige, vorwaltend langgestreckte Blätter aus und tragen Blüthen, in deren Theilen die Dreizahl vorherrscht, so daß meist drei oder sechs Staubgefäße, ein aus drei Blättern zusammengewachsener Fruchtknoten, drei bis sechs Narben und eine drei- oder sechstheilige Blüthenhülle vorhanden sind. Die Dikotylen oder Zweiblattkeimer haben dagegen vorwiegend netzadrige, am Rande gesägte oder mannigfach eingeschnittene Blätter, und Blüthen, in deren Theilen die Fünfzahl (seltener die Vierzahl) vorherrscht. Auch in der Holz- und Stammbildung unterscheiden sich die beiden Gruppen wesentlich, indem die Pflanzen der ersteren weder die bekannten Holzringe noch die Markstrahlen unserer Laubhölzer erzeugen. Sie haben sogenannte geschlossene Gefäßbündel, die sich mit Holztheilen (v) und mechanischem Gewebe (b) umgeben, aber getrennt bleiben und sich nicht zu Ringen verbinden (Fig. 374). Auch fehlt die Bildungs-Schicht (Cambium) unter der Rinde, welche bei den stammbildenden Dikotylen immer neue Holzringe um die alten bildet. Auch wenn Monokotylen in den Tropen zu baumartigen Formen erwachsen, neigt ihr Stamm, z. B. bei den Palmen, ebenso wenig zu einem starken Dickenwachsthum wie zur Verästelung; die meisten monokotylischen Bäume tragen die Blätterkrone auf unverästeltem oder allenfalls ein paar mal gegabeltem Säulenschaft, während es nur wenige unverästelte Dikotylen-Bäume giebt.

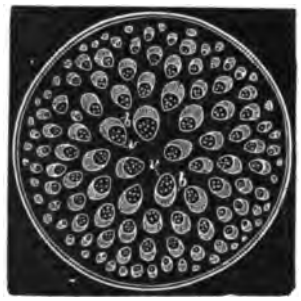


Fig. 374.
Querschnitt eines Palmenstammes.

Es mag wohl auf den ersten Blick wunderbar erscheinen, daß die beiden Hauptabtheilungen der Samen-Pflanzen nach der ein- oder zweiblättrigen Beschaffenheit der jungen, im Samen angelegten Pflanze charakterisirt werden. Allein man mag sich erinnern, daß die Klassen der höchsten Thiere ebenfalls hauptsächlich nach den Verhältnissen des Embryos umgrenzt werden, und daß es sich hier um durch Abstammung eingeprägte Verschiedenheiten handelt, die sich im Embryo am getreuesten und in allgemeinster Form wiederholen. Der Ahne der Monokotylen war demnach wahrscheinlich ein einblättriges Gewächs, wie sie unter den Farnen vorkommen, der Ahne der Dikotylen jedenfalls keine Conifere, denn diese haben einen vielblättrigen Keimling, nach dem sie auch Polykotylen genannt werden, vielleicht eine Gnetacee: ist doch die Welwitschia gestaltlich ihr ganzes Leben hindurch nichts anderes als ein in's Riesenhafte vergrößerter Dikotylen-Embryo. Auf der Thatsache fußend, daß dem Wasserleben angepaßte Gewächse, auch wenn sie echte Dikotylen sind, sich im anatomischen Bau, wie in Ausbildung paralleler Blattnerven einigermaßen dem Monokotylen-Habitus annähern, hat man schließen wollen, der Urahn der letzteren sei eine Wasserpflanze gewesen,

und könnte dann leicht die grasblättrigen Wasserfarne und Wasserbärlappe (Isoëtes) (Fig. 352) zur Stütze dieser Ansicht anrufen; dies würde zugleich die Erklärung geben, warum sich nur zwei große Hauptgruppen unter den Blüthenpflanzen unterscheiden lassen, da diese beiden Gegensätze des mütterlichen Bodens die einzigen einschneidenden sind, die sich denken lassen. Und wie Urlandpflanzen (wenn ich die Dikotylen einmal so nennen darf) bei der Anpassung ans Wasserleben häufig parallelnervig werden, so könnten sich die vereinzelten Fälle netzadriger „Urwasserpflanzen" dadurch erklären, daß die betreffenden ihr gestaltendes Element schon zu lange ohne Rückkehr verlassen hätten. Das sind aber nichts als bloße Vermuthungen. Da die Einblattkeimer in der Geschichte der Erde etwas früher hervortreten, als die Zweiblattkeimer, letztere aber ihren Stamm reicher und weiter entwickelt haben, so hat man häufig die ersteren für eine niedrigere Stufe der Pflanzenwelt angesehen, aus welcher die zweite erst hervorgegangen sei. Diese Auffassung ist aber durchaus unannehmbar; in beiden Abtheilungen prägt vielmehr sich ein durchaus verschiedener Grund-Typus, der durch eine eigenartige Protoplasmamischung bedingt sein muß, aus. Die ältesten sicheren Einblattkeimer erscheinen bereits am Eingange der Sekundärzeit, während die Zweiblattkeimer sich erst gegen das Ende dieser ungeheuren Epoche (in der Kreidezeit) in größerer Zahl bemerkbar machten.

Der nächste Fortschritt in beiden Abtheilungen ist durch die Vollendung der Blüthe bezeichnet, an die überhaupt alle spätere Umbildung anknüpft. Die Zapfen, Kätzchen und Blüthenkolben der ersten bedecktsamigen Pflanzen enthalten gewissermaßen erst die Anfänge und Elemente dessen, was wir gewöhnlich unter einer Blüthe verstehen. Diese Elemente, nämlich der die Samen-Anlagen unter einem Schutzdache und oft in getrennten Kammern bergende Fruchtknoten und die bis dahin gesonderte Staaten bildenden Staubfäden erscheinen künftig zu einer Zwitterblüthe vereinigt, in welcher das Frauenhaus fortan unabänderlich den Ehrenplatz der Mitte einnimmt, während die ihm huldigenden Männchen einen Kreis um jenes schließen. Im Vergleiche zu den Thieren erscheint das allerdings wie ein Rückschritt, denn bei diesen vertheilen sich, dem Gesetze der Arbeitstheilung entsprechend, bei den meisten höherstehenden Formen die Geschlechter auf verschiedene Personen. Es braucht freilich, was für das freibewegliche Thier gilt, nicht im gleichen Maße für die gefesselte Pflanze zu gelten, allein auch hier herrschen bedeutsame Aehnlichkeiten. Die Selbstbefruchtung scheint sich nämlich im Pflanzenreiche, nachdem es dem leichter vermittelnden Elemente des Wassers entwachsen war, zuerst nur als Nothbehelf eingeführt zu haben, (wie auch unter den Thieren festwachsende oder eingeschlossene Formen, wie z. B. Eingeweidethiere häufig Zwitter wurden), denn seitdem sich in der Insektenwelt zahlreiche Vermittler dem Befruchtungsgeschäfte der Pflanzenwelt gewidmet haben, tritt die Natur von dem Versuche der Selbstbestäubung, wie von einem Irrthume in der heutigen Pflanzenwelt mehr und mehr zurück.

Die einfachste Blüthe in ihrem fortan allgemein gültigen Typus, wie sie Goethe auf einer sogenannten Urpflanze suchte, würde aus der hüllenlosen Umstellung einer einfachen weiblichen Anlage mit Staubfäden bestehen. Blüthen in dieser ureinfachen Gestalt sind selten, denn der in der Natur vor Allem mächtige Kampf um die Erhaltung der Art schuf wohl bald eine einfache Hülle zum Schutz der Fortpflanzungswerkzeuge. Diese Hülle hat in der Regel so viel Theile oder Zipfel, wie Staubfäden in der Blüthe vorhanden sind, und bedeckt in der Knospe sämmtliche Theile auf das vollkommenste. Sie ist daher drei- oder sechstheilig bei den Einblattkeimern, fünf- (vier-) oder zehn- (acht-) theilig bei den Zweiblattkeimern. Diese einfache Hülle war anfangs häufig nur ein unscheinbarer, graugrüner Regenmantel, unter welchem die Blume noch kein farbenstrahlendes Hochzeitskleid trug; die ältesten Zwitterblüthen hatten wohl einen Kelch, aber keine Blumenblätter, und man nennt sie deshalb Blumenblattlose (Apetalae). Im Uebrigen wendet man diese Bezeichnung meist nur für die jeder Blumenhülle entbehrenden Kätzchenbäume (Amentaceen) an, bei denen die Blüthen meist getrennten Geschlechtes sind, während die mit einer einfachen Blumenhülle versehenen, meist zwitterblüthigen Pflanzen als Perigoniaten unterschieden werden. Doch gehen beide Klassen in einander über. Auch hier bestätigen die fossilen Funde vollkommen das Gesetz der allmäligen Entwicklung höherer Vollkommenheiten; in beiden Abtheilungen sehen wir zunächst Pflanzen mit solchen einfacheren, unscheinbareren Blüthen auftreten, ehe die farbenprächtigeren Blumen erscheinen, mit denen wir so gern unsere Wohnungen und unser Aeußeres schmücken.

Die Einblattkeimer haben es meistens nicht über eine einfache Blüthenhülle hinausgebracht, aber da die Blüthe das höchste Ziel der persönlichen Entwicklung in der Pflanzenwelt darstellt, sofern es zur Herausbildung einer geistigen Energie, welche die vegetativen Triebe unterordnen könnte, bei ihnen nicht kommt, so läuft alle weitere Vervollkommnung darauf hinaus, dieses Hochzeitshaus zu schmücken und es in jeder Beziehung zu einer anziehenden Erscheinung zu machen. Die Anziehung ist wörtlich zu nehmen, denn das treibende Element dieser Richtung, was zur Entwicklung auffallender Gestaltung und lebhafterer Färbung in den Blüthen drängte, war die Nützlichkeit des Insektenbesuches, durch welchen schönere Blüthen vor andern ausgezeichnet wurden. So entstanden unter den Einblattkeim-Pflanzen die Lilien, Tulpen, Hyacinthen und Crocus mit großen, lebhaft gefärbten, einfachen Hüllen. Sie gehören strenggenommen zu den blumenblattlosen Pflanzen (Apetalen), denn sie haben nur einen gefärbten Kelch, allein die Botaniker, auf die etwas von der „Liebenswürdigkeit" ihrer Wissenschaft übergegangen ist, hielten es für unhöflich, diese Zierden der Wälder und Auen als blumenlos zu bezeichnen und sprechen deshalb hier von einer Hülle, die zugleich Kelch und Blume vorstellt — wie sie denn oft außen grün und innen farbig erscheint — und nennen sie einfach

Blumenhülle (Perigon). Die Einblattkeimer sind nur in wenigen Fällen über diese einfache Hülle hinausgekommen, und dürfen insofern der andern viel formenreicheren Abtheilung gegenüber als ein frühvollendeter, seitdem nur wenig fortgeschrittener Zweig am Baum des Lebens betrachtet werden.

Man kann in dem Verharren dieser Pflanzen auf niederer Stufe eine Beziehung auf die klimatischen Verhältnisse der Vorwelt suchen. Baumfarne, Palmenfarne und baumartige Einblattkeimer, unter denen die Palmen und Pandanen die vornehmsten sind, erscheinen als jahreszeitlose Bäume, die kein dauerndes Sinken der Temperatur vertragen und keinen periodischen Laubwechsel haben. Daraufhin deutet die eigenthümliche Wachsthumart ihres Stammes, der sich nicht durch Jahresringe verdickt; sie sind mit einem Worte Kinder eines gleichmäßigen Klimas. Daß diese Pflanzen ehemals auch in unserem Norden gediehen, ersehen wir aus ihren begrabenen Resten. In der Tertiärperiode wuchsen in Mitteleuropa, wie wir auf unserer „Mitteleuropäischen Landschaft der Eocänzeit" sehen, der Dattelpalme ähnliche Wedelpalmen, und Fächerpalmen mit anderthalb Meter langen Fächerblättern (Fig. 375), wenn auch niedrigen Wuchses. Es gab eben damals einen so starken Temperaturwechsel, wie ihn unsre Jahreszeiten mit sich bringen, noch nicht und die mittlere Jahreswärme war bedeutend höher. Darum mußten in Ländern, wo ein starker Jahreszeiten-Temperaturwechsel, wie bei uns, eintrat, die baumartigen Farne und Monokotylen verschwinden. Auch die Nadelhölzer sind mit seltenen Ausnahmen, zu denen unsre Lärche gehört, ursprünglich jahreszeitlose Pflanzen, die ihre Nadeln in Perioden abwerfen, welche vom Erdumlauf um die Sonne wenig beeinflußt werden. Sie haben sich dem Wechsel angepaßt, wie die bei uns zahlreichen immergrünen Dikotyledonen der Tertiärzeit durch Abwerfen des Laubes (vgl. S. 175) dem einziehenden Winter Rechnung trugen.

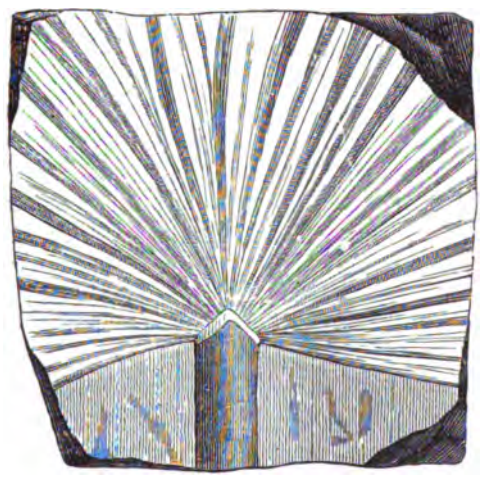


Fig. 375.
Flabellaria Lamanonis Brong. Aus den eocänen Gypslagern von Aix.

Die ältesten Arten beider Abtheilungen der Blüthenpflanzen gehörten also zu denen, die wir ihrer unscheinbaren Blüthen wegen wohl als blumenlose bezeichnen, da wir unter Blume eine auffallende und mehr oder weniger farbenprächtige Blüthe verstehen. Zu ihnen zählen unter den Ein-

blattkeimern die Binsen, Schilfarten, Gräser und selbst die stolzen Palmen, unter den Zweiblattkeimern die Nesselgewächse, Myricaceen, Kätzchenbäume u. A., welche man unter dem Namen der Apetalen d. h. Blumenlosen zusammenfaßt. Dieselben haben mit ihren Vorgängern, den Nadelhölzern, Cycadeen und Gnetaceen, an die sie sich zum Theil nahe genug anschließen, den Zug gemein, daß ihre Pollenkörner vom Winde erfaßt und auf die Narben der Fruchtknoten geführt werden, die sich oft auf getrennten weiblichen Individuen befinden. Die bewegte Luft hatte also die Vermittler-Rolle übernommen, welche bei den niederen Pflanzen das bewegte Wasser spielt. Alle diese Pflanzen geben sich als Windblüthler sogleich zu erkennen, denn ihre Blüthen sind weder auffallend, noch bieten sie schöne Farben und Gerüche dar; die Natur schmückt und parfümirt sich nicht umsonst — für den Wind! Wie man an vielen unsrer Laubbäume sieht, hängen die männlichen Blüthenstände als sogenannte Kätzchen gern troddelförmig an dünnen Fäden aus dem Laubwerk heraus, um, von jedem Windstoß erfaßt, ihm ihren Pollen mitzugeben. Bei den zwittrigen Windblüthen unserer Gräser und Getreidearten (Fig. 376) hängen wenigstens die Staubbeutel an langen, dünnen Fäden weit aus den Aehren heraus, um sich dem Winde darzubieten. Die Narben der weiblichen Blüthen dagegen, welche die vom Winde fortgeführten Pollenkörner auffangen müssen, sind dementsprechend federförmig ausgebreitet, oder mit Fransen und klebriger Flüssigkeit versehen.

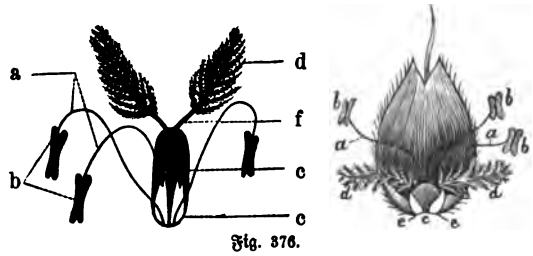


Fig. 376.

Blüten des gemeinen Rispengrases (Poa) und der Trespe (Bromus) um die Eigenschaften der Windblüten zu zeigen. a Staubfäden, b Staubbeutel, c Fruchtknoten, d Narben, f Griffel.

Diese blumenlosen Pflanzen (Apetalen) sind in Zeiten, wo noch kein Wettstreit mit blumentragenden Pflanzen zu bestehen war, in großer Ueberzahl vorhanden gewesen. In den Kreideschichten Dacota's beträgt ihre Zahl noch über sechzig Procent der gefundenen Dicotylen. Eichen, Birken, Erlen, Platanen, Ulmen und ähnliche Gewächse entwickelten damals einen großen Formenreichthum. Die Myricaceen, welche sich heute in Europa auf eine einzige Art beschränken, waren zahlreich und die verwandten farnblättrigen Comptonien-Arten, von denen heute nur noch eine amerikanische Art übrig ist, zählten ehemals in Europa allein nach Dutzenden. Die allmälige Verminderung der Windblüthler ist leicht zu verstehen. Da nur wenige Pollenkörner des vom Winde nach allen Richtungen verwehten Staubes weibliche Narben erreichen werden, so ist eine ungeheure Materialverschwendung nöthig, um den Befruchtungszweck einigermaßen zu erreichen, und der Boden der Nadelholzwaldungen liegt manchmal während der

Blüthezeit dick bestreut mit dem nutzlos vergeudeten Material, dessen Bildung sicher bedeutende Kräfte verschlingt. Weibliche Bäume, die fern von den männlichen aufgekeimt waren, liefen Gefahr, unfruchtbar zu bleiben, wie man dies häufig bei künstlich angepflanzten Palmen sieht, die der menschlichen Nachhilfe einer künstlichen Befruchtung bedürfen, wenn sie reichlich Frucht tragen sollen. Aus diesen Gründen mußten auch unter den Windblüthlern Zwitterblüthige, welche sich nöthigenfalls mit eigenem Staube befruchten können, wie z. B. die Gräser, die Oberhand gewinnen.

Indessen wurde dies bald anders, als unter den Insekten Thiere auftraten, welche die Uebertragung des fremden Blumenstaubes auf die Narbe gleichsam als Dank für dargebotene Beköstigung übernahmen, indem die theils klebrigen, theils mit rauher Oberfläche versehenen Pollenkörner an ihren Körper hafteten und so mit größter Materialersparniß durch sie von Blüthe zu Blüthe getragen wurden. Wie wir früher gesehen haben, waren die ältesten, im blumenlosen Farnwalde lebenden Insekten lediglich auf die Verzehrung des harten Laubes und Holzes angewiesen und besaßen eine dementsprechende Kieferausrüstung. Durch Vermehrung der Pflanzen, welche im Blumenstaube eine weichere und kräftigere Nahrung erzeugten, wurden nun Insekten angelockt, welche die verschwenderische Windbestäubung entbehrlich machten. Arten, in deren Blüthen eine bis zur Befruchtung anhaltende Honigabsonderung eintrat, lockten noch zahlreichere Besucherkreise an, und erwarben dadurch die größten Chancen, sich stark zu vermehren, während sie ihrerseits die früher geschilderte Umbildung der Insekten mit kauenden Mundtheilen in solche mit saugenden veranlaßten. Wir erkennen in den Weiden früher offenbar windblüthige Bäume, die sich der Insektenanlockung anzubequemen begonnen haben.

Da nun eine erfolgreiche Vermittler-Thätigkeit der Insekten durch gesteigerte Wahrnehmbarkeit der honigliefernden Blüthen gefördert werden mußte, so hat sich durch natürliche Züchtung (weil nur die auffallenden Blumenabänderungen befruchtet wurden), einerseits bei den Blüthen die Eigenschaft ausgebildet, sich schon aus der Ferne durch lebhafte Farben oder starke Gerüche bemerkbar zu machen, auf der Seite der Insekten dagegen das Vermögen, diese Farben und Gerüche zu würdigen und zu unterscheiden. Sofern auch die Größe der Blumen zu ihrer Anziehungskraft beiträgt und alle diese Eigenschaften durch Vernachlässigung solcher Blumen, die dergleichen nicht darboten, seitens der Insekten buchstäblich gezüchtet werden mußten, so müssen wir die Insekten als die wahren Blumenzüchter der Vorzeit betrachten, weil sie vorwiegend die schönblühenden oder -duftenden Pflanzen befruchteten.

Natürlich muß das Vermögen, bunte Farben und Düfte zu erzeugen, schon vorher in den Pflanzen gelegen haben. Auch die windblüthigen Pflanzen erzeugen zum Theil farbige Blüthen, wie die purpurnen Narben des Haselnußstrauches und die rothen Rispen der Ampferarten, welche ganze

Felder roth färben, bezeugen. Die grüne Farbe des gesammten Pflanzenkörpers hängt auf's Nächste mit der in allen Oberflächentheilen stattfindenden Kohlensäure-Aufnahme und Desoxydation im Lichte zusammen. Pflanzen, die schon verarbeitete Nahrung aus andern Pflanzen oder Humusstoffen aufnehmen, und in deren Zellen nur Athmung oder Oxydation stattfindet, sind daher nicht grün, sondern buntfarbig. In den Pilzen, Orobanchen, Lathräaceen, Cytineen, gewissen Orchideen und andern Schmarotzerpflanzen, sind daher alle Theile elfenbeinweiß, gelb, lila, blau, zinnober- oder purpurroth gefärbt, und es ist wahrscheinlich das Vorherrschen der Oxydationsprozesse in solchen Pflanzen, welches diese Färbungen erzeugt. Darum sehen wir auch die Blätter im Herbste, wenn die mit Desoxydation verbundene Nahrungsaufnahme aufhört, sich bunt färben und eben darum sind diejenigen Theile der Pflanzen, die nur an der Athmung, nicht aber an der Nahrungsaufnahme theilnehmen, wie Knospenschuppen, Nebenblätter, Blüthen und Früchte häufig lebhaft gefärbt. Aber diese Farben sind offenbar durch den Wettstreit um Thierbesuch gesteigert worden, denn im Allgemeinen zeigen nur Thierblumen prachtvolle Farben, und die Windblüthler, die sich mit dem durch keine Farben und Düfte anzulockenden Winde als Befruchtungsvermittler begnügen, sind heute ebenso arm an Farben und Gerüchen geblieben wie ehemals.

Fig. 377.
Blüthenstand von Arum maculatum.

Bei einigen niedrigstehenden Blumenpflanzen, bei denen die Blüthen an sich unscheinbar geblieben sind, wird das Anlockungsgeschäft durch die lebhaft gefärbten Hüll- oder Stützblätter (Brakteen) verrichtet, welche einen ganzen Blüthenstand oder einzelne unscheinbare Blüthen einschließen. Hierher gehören die bunten und weithin leuchtenden Brakteen der Proteaceen, einer sehr alten Dicotylen-Familie, deren Angehörige vielleicht mit den monokotylischen Aroideen zu den ältesten Insektenblüthlern gehören. Letztere, in der Gestalt einer sehr verbreiteten Fensterblume, der Calla äthiopica allgemein bekannte Pflanzen, locken durch die milchweiße, gelbe, zinnoberrothe und bei andern Arten faulem Fleische ähnlich, trübroth gefärbte und aasduftende Sammelfahne eine Menge Fliegen in den untern Hohlbauch der geschlossenen Blumenscheide. Abwärts gerichtete Härchen (s Fig. 377), die an der engsten Stelle der Düte stehen und verkümmerte Blüthen sind, lassen sie wohl hinein, aber nicht so leicht wieder heraus; ein von uns bei Fischreusen und Mäusefallen nachgeahmtes Prinzip ist hier ausgebildet worden, und die Fliegen, obwohl sie wahrscheinlich mit Blumenstaub bedeckt, aus einer ähnlichen Kesselfalle kommen, sind dumm

genug, von neuem hineinzuspazieren. An dem untern Theile des Blüthenkolbens sitzen männliche Blüthen (a) und darunter weibliche (g), und nichts wäre einfacher, als daß der Blumenstaub der ersteren direkt auf die letzteren fiele und sie befruchtete. Aber wie wir das bei den Insektenblüthen ziemlich allgemein finden werden, wird dies dadurch verhindert, daß die männlichen und weiblichen Organe sich zu verschiedenen Zeiten entwickeln, und zwar entwickeln sich hier zuerst die weiblichen Blüthen (Protogynie) und werden von dem durch die Fliegen aus andern Blüthen mitgebrachten Blumenstaube befruchtet. Hierauf sterben die Narben ab, die Antheren brechen auf und bestäuben die inzwischen durch die Absonderungen ernährten Fliegen über und über. Gleichzeitig schrumpfen die Haare am Eingange ein, und die kleinen Gefangenen erhalten ihre Freiheit, um mit dem Blumenstaub bedeckt, einer eben entwickelten neuen Blüthe derselben Art zuzueilen. Die Aroideen haben außer eigenthümlichen Farben und Gerüchen, Pollen-Nahrung und süßen Aussonderungen noch ein anderes Anziehungsmittel ausgebildet, welches für manche Thiere sehr lockend sein mag. In Folge eines lebhaften Stoffwechsels erwärmt sich der meist keulenförmige Kolben, welcher die Blüthen trägt, bei manchen Arten sehr beträchtlich, und heizt den geschlossenen Innenraum der Blüthe wie ein Ofen, so daß man bei einigen Arten z. B. dem italienischen Aronstab, eine Temperatur gemessen hat, welche diejenige der Luft um 20—25° C. übertraf. Da diese Pflanzen meist im Frühjahr, wenn die Nächte noch kühl sind, blühen, so mag dieser warme Raum an sich Fliegen und kleine Schnecken anlocken, die in den geheizten Blumen die Nächte zubringen und den Blumenstaub der einen zur andern tragen. Viele Arten derselben sind ausdrücklich als Schneckenblumen enträthselt worden, sofern ihr ganzer Bau darauf hinweist, daß Schnecken, welche über den Blüthenkolben hinkriechen, an ihrem feuchten Körper den Blumenstaub mitnehmen. Mit der Gefräßigkeit dieser Thiere hängt es wahrscheinlich ferner zusammen, daß viele Aroideen in Stamm und Blättern spitze Krystalle von oxalsaurem Kalk aufspeichern, welche den Mund verwunden und diese in Sümpfen und feuchten Wäldern wachsenden saftigen Pflanzen davor schützen, von ihren Besuchern aufgefressen zu werden.

In ähnlicher Weise findet die Befruchtung der vielfach ebenso mißfarbigen, übelduftenden und blumenblattlosen Blüthen der Aristolochien statt, die wir ihrer schnellwachsenden Kletterranken und großen Blätter wegen gern an schattigen Lauben ziehen. Auch diese Blüthen sind protogynisch, d. h. die Narbe (Fig. 378 n) öffnet sich vor den Staubgefäßen (a), und wird durch den von kleinen Fliegen (i) mitgebrachten Blumenstaub befruchtet, die hernach durch ähnliche, rückwärts gestellte Haare (r) so lange im Kessel gefangen gehalten werden, bis die Haare vertrocknen und sie staubbeladen von dannen ziehen können. Es ist merkwürdig, daß diese farbigen Hüllen und Kelche, welche durch Fliegen und ähnliche, nicht zu den eigent-

lichen Blumen-Insekten gehörigen Thiere gezüchtet wurden, die größten Blüthen darstellen, die man kennt, obwohl sie zum Theil nur Blumen nachahmen und eigentlich Blüthenstände sind. Eine neuerdings von Beccari auf Sumatra entdeckte Aroidee (Conophallus Titanum) treibt eine Blüthenkeule von anderthalb Meter Höhe und die sie umgebende farbige Hülle hat ca. 80 cm Durchmesser; die bisher für die größten Blüthen gehaltenen Rafflesia-Arten der ostindischen Inseln gehören ebenfalls hierher, und die riesigen Blüthenhüllen einer amerikanischen Aristolochia-Art (A. cordata) werden von der dortigen Jugend als Mützen über den Kopf gezogen. Diese grotesken Ueberreste der ältesten Blumen-Epoche mit ihren titanischen Gestalten und bäurischen Farben scheinen anzudeuten, daß die älteren geistesträgen Blumenkerfe (Fliegen und Käfer) kräftigerer Anlockungsmittel bedurften, und nicht entfernt den feineren Farben- und Duft-Geschmack der eigentlichen, etwas jüngeren Blumenkerfe (Bienen und Schmetterlinge) ausgebildet haben. Schwerlich können die, wenn auch noch so großen, trübfarbigen Fliegenblüthen zu der Klasse gerechnet werden, welche die deutsche Sprache auszeichnend Blumen nennt.

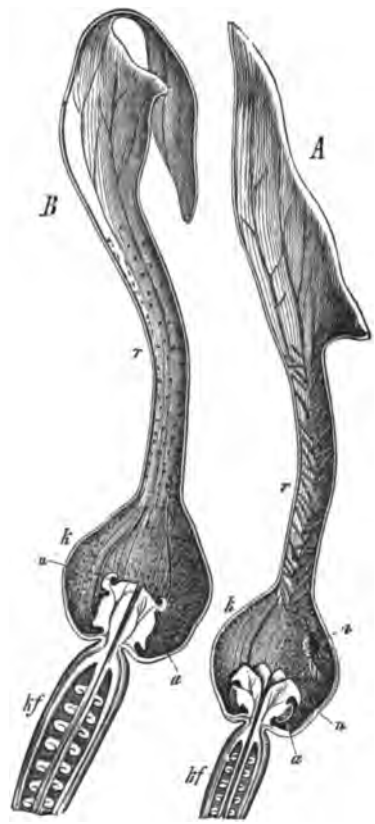


Fig. 378.
Aristolochia Clematitis. A Blüten-Querschnitt vor der Befruchtung. B nach der Befruchtung, kf Fruchtknoten.

Bei ihnen umgiebt die Nahrungs- und Honigquellen unmittelbar ein besondrer, neuer, farben- und duftreicher Kreis von Blumenblättern, die vielleicht aus verwandelten Staubgefäßen entstanden sind und die spezielle Aufgabe der Besucher-Anlockung übernehmen. Wir bemerken also ein Hervortreten immer neuer Blattkreise um die jungen Samen-Anlagen als Zeichen der Fortbildung; den ursprünglichen Fruchtblätterkreis, der ein Gewölbe über die jungen Samen bildet, umfängt zuerst ein Kreis in Staubfäden umgewandelter Blätter, dann eine einfache und endlich eine doppelte, in Krone und Kelch gesonderte Hülle (Fig. 379). In dem Schutz der jungen Nachkommenschaft und dem Schmucke des Hochzeitshauses spiegelt sich der allmälige Fortschritt am deutlichsten. Erst in der Tertiärzeit gewannen die Gewächse mit entwickelter Blumenkrone, deren freie Blätter mit den Kelchzipfeln abwechseln, die Oberhand, es erblüheten Tulpenbäume,

Magnolien, Kamellien, Rosen, Myrten und Granaten. Wiese und Wald scheinen zu ihrem höchsten Putz gelangt. Dieses Auftreten hat etwas Plötzliches in den Archiven der Natur, so daß verschiedene Naturforscher geglaubt haben, es müsse sich an solchen Orten vorbereitet haben, wo keine Reste sich erhielten oder die Schichten nicht untersucht werden konnten, z. B. auf Gebirgsgipfeln im intensiven Sonnenstrahl oder an den Polen, oder auf jetzt vom Meer bedeckten Continenten, allein eine einfachere Erklärung liegt wohl darin, daß die Blumenzüchtung erst eine gewisse Beschleunigung und Intensität erlangen konnte, nachdem echte Blumeninsekten, d. h. Bienen und Schmetterlinge erschienen waren, was erst gegen Ende der Sekundärzeit geschah. Von da ab mag aber eine gegenseitige Steigerung der Leistungen den Prozeß beschleunigt haben, wodurch dem zurückschauenden Beobachter das Auftreten der Blumen ziemlich plötzlich erscheint.

Trotz der erwähnten geschlossenen Fallenblumen für kleine Fliegen ist es wahrscheinlich, daß der ersten Periode der natürlichen Blumenzüchtung die Blumen mit offener, allen Besucherkreisen gleich zugänglicher Krone und freien, getrennten Blumenblättern entsprechen. Diese Blüthen sind oftmals sehr groß und farbenprächtig, um Insekten weither zu locken, wie z. B. Tulpen, Magnolien, Päonien, Rosen, Mohn u. s. w. Solche Blumen müssen, um ihren Aufwand in der Prachtentwicklung jeder einzelnen Blume zu decken, da sie nicht sehr viele solcher großen Blumen erzeugen können, in jedem einzelnen Fruchtknoten sehr zahlreiche Samen reifen, man denke an den Samenreichthum der Mohnkapsel, der Tulpen, Wasserlilien u. s. w. Andererseits können kleine Blüthen, die nur je einen Samen erzeugen, dasselbe Ziel der Auffälligkeit erreichen, indem sie sich zu großen Massen in einen dichten Blüthenstand vereinigen; man erinnere sich der Schirmblumen (Umbelliferen), Kleearten, Scabiosen und der Compositen, in denen jede Blume nur je einen oder einige wenige Samen reift. Wir kommen darauf zurück.

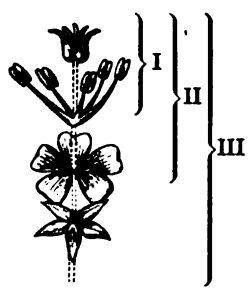


Fig. 379.
Die drei Perioden der Zwitterblüthe.

Obwohl die enge Beziehung der Insekten zu der Befruchtung der Blumen schon früher einigen Beobachtern aufgefallen war, ist doch der Conrektor Sprengel in Spandau derjenige gewesen, welcher „das Geheimniß der Natur" bei der Befruchtung der Blumen zuerst genauer entschleierte. Der Umstand, daß der Honig in vielen Blüthen durch Härchen oder durch die Stellung der Blume vor jeder Auswaschung durch Regen geschützt und so den Insekten aufbewahrt wird, war ihm 1787 aufgefallen und hatte ihn zu der Ansicht geführt, daß in der Honig-Produktion „Absicht" liege. Bald darauf leitete ihn die Betrachtung des gelben Ringes, der so schön von der himmelblauen Farbe des Vergißmeinnicht absticht, zu

der Erkenntniß, daß derartige Zeichnungen oder Saftmale, wie wir sie in den Kronen zahlreicher Blumen finden (vergl. Fig. 380), den Insekten als Wegweiser zu der oft im Blumenkelche verborgenen Honigquelle dienen. In der Folge wies er an zahlreichen Beispielen nach, daß viele Blumen, obwohl sie männliche und weibliche Organe in ihrem Kelche bergen, sich gar nicht selbst befruchten können, und er schloß daraus, daß Insekten und Blumen nicht nur im Allgemeinen für einander geschaffen seien, sondern viele Insekten ganz speziell für gewisse Blumen und umgekehrt.

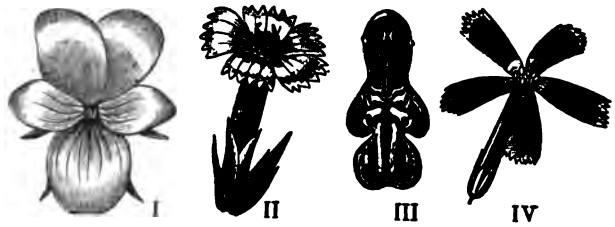


Fig. 380.
Saftmale des Stiefmütterchens (I), der Feld- und Karthäuser-Nelke (II u. IV) und des Sumpfziestes (III). (Nach Behrens).

Wenn aber Sprengel nur den gegenseitigen, unmittelbaren Nutzen erkannte, so hat Chr. Darwin durch zahlreiche, mit höchster Umsicht angestellte Versuche gezeigt, daß auch ein besondrer Vortheil für die Pflanzen darin liegt, mit fremdem, von den Insekten herbeigebrachtem Pollen anderer Blumen ihrer Art befruchtet zu werden, und daß die dadurch er-

Fig. 381.
1—4 Befruchtungswerkzeuge von Malva sylvestris in den verschiedenen Entwicklungszuständen der Staubfäden und Narben. 5. Malva rotundifolia mit gleichzeitiger Entwicklung beider. a Staubgefäße, st Narben. Nach Hermann Müller.

zeugten Samen in der Regel kräftiger ausfallen, als wenn die Blume auf eignen Pollen angewiesen bleibt. Dieser Nutzen der Kreuzbefruchtung, der einer auch in der Thierzüchtung als nützlich erkannten Auffrischung des Blutes gleichkommt, erklärt nun, warum in vielen Blumen deutliche Vorkehrungen auftreten, die Selbstbefruchtung möglichst zu verhindern. Namentlich bemerkt man bei sehr zahlreichen Blumen, daß der Pollen viel früher reif wird, als die Narben derselben Blüthe bereit wären, ihn zu empfangen,

so daß der Pollen jüngerer Blüthen nur dazu dienen kann, durch Vermittlung der Insekten die Narben älterer Blüthen zu befruchten, während wir vorhin (S. 522) den umgekehrten Fall kennen lernten. Man nennt die männliche Frühreife Proterandrie und das durch solche ungleichzeitige Entwicklung geschaffene Verhältniß zweier sich gegenseitig befruchtenden Blüthen Dichogamie.

Als Beispiel möge die Blüthe unserer wilden Malve (**Malva sylvestris**) dienen, deren Staubgefäße schon in der Knospe nahezu reif sind, während die Narben noch völlig geschlossen bleiben. Sie öffnen sich, verstäuben und verwelken, bevor die Narben sich entfalten (Fig. 381, $_1$ bis $_4$). Diese Blume bedarf also nothwendig der Insekten, um fremden Pollen zugetragen zu erhalten, und lockt daher durch große Blüthen und wohlbeschützten Honig zahlreiche Insekten an. Ganz anders ist das Verhältniß bei der sonst nahe

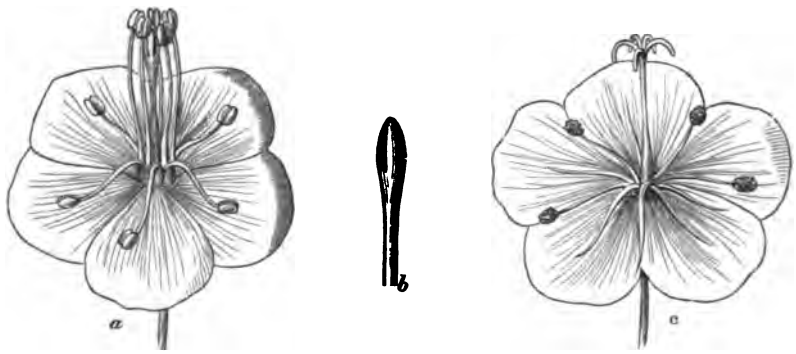


Fig. 382.
Geranium pratense. a Junge Blüthe im männlichen Stadium, mit geschlossener Narbe (b), c die ältere Blüthe im weiblichen Stadium mit vertrockneten Staubbeuteln und ausgebreiteter Narbe.

verwandten, rundblätterigen Malve, deren Narbenäste sich gleichzeitig mit den Staubfäden entwickeln und zu ihnen herabbeugen, um den Blumenstaub zu empfangen (Fig. 381, $_4$). Sie bedarf der Insekten nicht und ist kleinblüthig.

Noch deutlicher ist dieses Verhältniß von Insektenbesuch und Blumengröße bei verschiedenen einheimischen Storchschnabelarten erkennbar, wie dies Hermann Müller-Lippstadt gezeigt hat, der sich überhaupt um die Aufklärung der hier waltenden Wechselbeziehungen die größten Verdienste erworben hat. Bei der großblüthigsten Art, dem Wiesenstorchschnabel ist die Blüthe (Fig. 382) ebenfalls in der ersten Periode männlich, die Narbe kann von den sie unmittelbar umringenden Staubgefäßen nicht befruchtet werden, weil ihre Zipfel dicht zusammenschließen (Fig. 382 b). Erst wenn die Staubgefäße vertrocknet sind, öffnen sich die Zipfel, bereit, den Staub anderer Blumen zugetragen zu bekommen (Fig. 382 c). Müller hat nun darauf aufmerksam gemacht, wie bei verschiedenen Storchschnabel-

Arten Insektenbesuch und Blumengröße in demselben Verhältniß stehen (Fig. 383). Bei dem großblüthigen Geranium pratense ist, wie wir sahen, Selbstbefruchtung ganz unmöglich, sie hat daher die größten Blüthen und den stärksten Insektenbesuch. Die mittelgroße Blüthe von G. pyrenaicum (b) ist ebenfalls anfangs männlich, entwickelt aber die Narben noch zur rechten Zeit, um allenfalls von dem eigenen Staube befruchtet zu werden, sie lockt jedoch in der Regel genug Insekten an, um Selbstbestäubung vermeiden zu können. Bei der noch kleineren Blüthe van Geranium molle (c) wird dagegen die Selbstbestäubung häufig nöthig, weil sie zu wenig Insekten anzieht, und endlich bei der allerkleinblüthigsten Art, Geranium pusillum, bei welcher sich die Narben vor den Staubgefäßen entwickeln, bildet sie die Regel; die Blüthen werden beinahe gar nicht von Insekten besucht. In ähnlicher Weise können wir uns vollständige Züchtungsreihen großer Blumen denken; denn wie der Gärtner auf seinen Zuchtbeeten die großblüthigsten Varietäten allein zur Nachzucht auswählt, so bevorzugen die Insekten in einem solchen Maße großblumige und schönblühende Arten, daß sie dieselben in ganz ähnlicher Weise durch Vernachlässigung der minder schönen Blüthen züchten mußten.

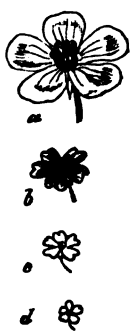


Fig. 383.
a G. pratense.
b G. pyrenaicum.
c G. molle.
d G pusillum.

Wenn man indessen bedenkt, daß die Insekten-Anlockung in der Erzeugung von Honig und großen Blüthen den Pflanzen auch gewisse Opfer auferlegt, so wird man sich nicht wundern dürfen, daß gewisse Pflanzen sich immer oder wenigstens zeitweise durch Selbstbefruchtung fortpflanzen, sie treiben dann sogenannte kleistogame Blüthen, die sich gar nicht öffnen, oder ohne Blumenblätter sind, wie man sie zuweilen bei Veilchenarten, dem Waldsauerklee und vielen andern Pflanzen trifft. Auch das Feldstiefmütterchen (Viola tricolor) wechselt in der Erzeugung ganz kleiner, gelber, unscheinbarer, sich selbstbefruchtender Blüthen und großer Insektenblumen ab. Man hat auch geglaubt, die Größe und Farbenschönheit vieler Hochalpenblumen dadurch erklären zu können, daß dort nicht soviel Insekten vorhanden wären, als in der Ebene, so daß in diesen Regionen nur die größten und farbenprächtigsten Blumen Aussicht hätten, befruchtet zu werden und sich fortzupflanzen. Die Sache hängt aber, wie wir bald sehen werden, wahrscheinlich anders zusammen.

Gilt es zunächst auch als Vortheil, durch große und offne Blumenteller möglichst viele Honiggäste anzulocken, so hat das doch auch seine Schattenseiten. Es kommen dann auch viele unnütze Gäste, die ohne Wahl von einer Blüthe zur andern fliegen, während doch jeder Blüthe nur das Mitbringen des Pollens der eigenen Art etwas nützen kann. Darum mußten sich Einrichtungen ausbilden, den Honig nur einer gewählten Gesellschaft aufzuheben und zugänglich zu machen, unnütze Näscher aber auszuschließen, woraus die unregelmäßigen, rachen-, röhrenförmigen und

gespornten Blüthen hervorgingen. Die Abtheilung der bisher besprochenen Blumen mit freien Blumenblättern und offenen Kelchen (Dialypetalen) bilden daher eine dritte, über die Apetalen und Perigoniaten hinausgehende Blumenabtheilung, die aber nicht das letzte Ergebniß der Blumenzüchtung durch Insekten sein konnte. Seit dem Erscheinen solcher Insekten, die wie Bienen und Schmetterlinge ausschließlich von Blumennahrung leben, d. h. nicht lange vor dem Beginn der Tertiärzeit, entstanden nun in gegenseitiger Steigerung: Blumen, deren Kronenblätter zusammenwuchsen und ihren Honig im Grunde tiefer und mehr oder weniger enger Glocken, Trichter, Röhren und Sporne bargen und Insekten mit langen Rüsseln, die denselben allein erreichen konnten, während unnütze Gäste ausgeschlossen wurden.

Dies ist also die Bedeutung der sogenannten verwachsenblättrigen Blumen (Sympetalen), die auch Saumblumen (Gamopetalen) oder weniger gut einblätterige Blumen (Monopetalen) genannt werden, weil die einzelnen Blumenblätter zu einer einzigen Röhre, Glocke, Urne, trichterförmigen Vase, Rachen u. s. w. verwachsen sind, die meist soviel Saumzipfel zeigen, als Blumenblätter in der Anlage stecken, also drei oder sechs, bei monocotylischen Sympetalen vier bis fünf bei dikotylischen. Diese Saumblumen stellen, wenn auch meist weniger prächtig als die Dialypetalen, zu denen Rose, Tulpe, Kamellie u. s. w. gehören, doch ein weiteres und jüngeres Züchtungsprodukt der Insekten dar. Unter den Seite 519 erwähnten hundert Pflanzen der sogenannten Kreide von Dakota gab es erst eine einzige Gamopetale, heute dürften sie an Zahl und Masse die Dialypetalen längst eingeholt haben. Dieser Sieg der Gamopetalen hat nichts Wunderbares, wenn man bedenkt, daß der Vortheil engerer Anpassung einer beschränkten Besucherzahl an einzelne Blumen ein gegenseitiger ist. Für die Blumen, sofern die besuchenden Insekten häufiger mit Pollen der eigenen Art bei ihnen einkehren, weil sie sich auf die Ausbeutung einer und derselben oder einiger wenigen, gleichzeitig blühenden Arten beschränken, für die Insekten, weil sie nicht so häufig bereits ausgebeutete Blumen antreffen werden, wenn sie sich in die Blumenwelt theilen, und jedes von ihnen nur bestimmte Blumen besucht.

Geübte Beobachter, welche genau die resp. Rüssellängen der verschiedenen Bienen, Hummeln und Schmetterlinge kennen, vermögen den Saumblumen nach der Länge ihrer Röhren alsbald den Besucherkreis anzusehen. Während die Zweiflügler in der Regel nicht viel über 10 mm Rüssellänge hinauskommen, erreichen die langrüßlichsten Bienen und Hummeln über das Doppelte und von den Schmetterlingen werden sie noch weit übertroffen; der Rüssel des Windigs erreicht 60—80 mm Länge. Natürlich können auch nur solche langrüßlige Insekten Blüthen wie unsre Nelken oder Jelängerjelieber (Fig. 384), deren Honig tief verborgen liegt, gezüchtet haben. So hat Darwin aus dem Umstande, daß eine Orchidee Madagaskars

(Angraecum sesquipedale) einen 11 Zoll langen Honigbehälter (Sporn) besitzt, geschlossen, daß dort auch ein Schmetterling mit eben so langem Rüssel, um diesen Honig zu erreichen, vorhanden sein müsse, und Forbes hat die Vermuthung bestätigt. Auch in Südamerika hat Fritz Müller eine Macrosilia-Art gefangen, deren Rüssellänge 10—11 Zoll betrug. Man sieht hieraus, wie unmittelbar bestimmte Blumen und Insekten zu einander gehören, denn ohne einen solchen Schmetterling könnte jene Orchidee niemals Frucht tragen.

Auch Farben und Gerüche der Blumen liefern im Zusammenhange mit der Blumenform mehr oder weniger deutliche Fingerzeige, welchen Besucherkreisen bestimmte Blumenarten im Besondern angepaßt sind. Wir haben schon oben gehört, daß Blüthen, die von Fleischfliegen besucht werden, nicht nur Aasgeruch entwickeln, sondern auch trübe braunrothe oder grünliche Färbungen, wie von verwesendem Fleisch darbieten. Die kleineren weißen, grüngelben oder gelben Blüthen, welche ihren Honig vor aller Welt offen, am Grunde ihrer weitgeöffneten, aus unverwachsenen Blumenblättern bestehenden Blumen darbieten, oder auch blos Blumenstaubnahrung anzubieten haben, werden meist von kleinen Fliegen, Blumenkäfern und sonstigen fliegenden Insekten ausgebeutet, welche nicht im Stande sind, tiefergeborgenen Honig zu erreichen. Die Blumen mit verwachsenblätteriger Krone dagegen, die ihren Honig am Grunde enger Röhren und Sporne geborgen haben, oder ihre Honigquellen unter allerlei Schutzdächern, Haar- und Reusenbildungen vor Insekten ohne längeren Rüssel schützen, die also meist nur von langrüßligen Fliegen, Blumenwespen, Bienen und Schmetterlingen besucht werden, sind vorwiegend blau, violett und rosa gefärbt, und Hermann Müller hat sich durch Versuche überführt, daß die Bienen thatsächlich rosa, blau und violett gefärbte Blumen bevorzugen, während die Wespen bestimmte braunrothe Blumen, wie manche Orchideen und die Braunwurz (Scrophularia) besuchen. Die schon durch ihr eigenes farbenbuntes Kleid ihre Farbenliebhaberei andeutenden Tagfalter lieben namentlich gewisse tiefgefärbte karminrothe oder azurblaue Blumen, wie manche Disteln, Nelken und Enziane.

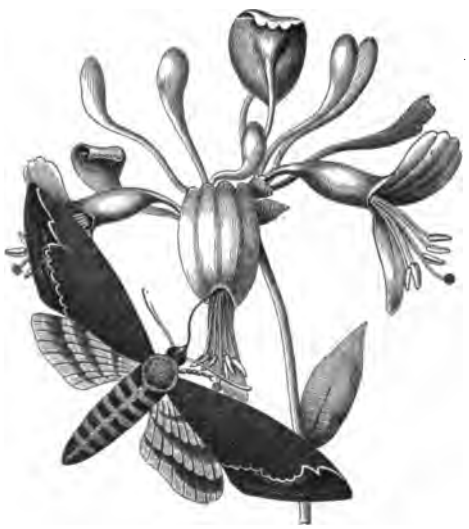
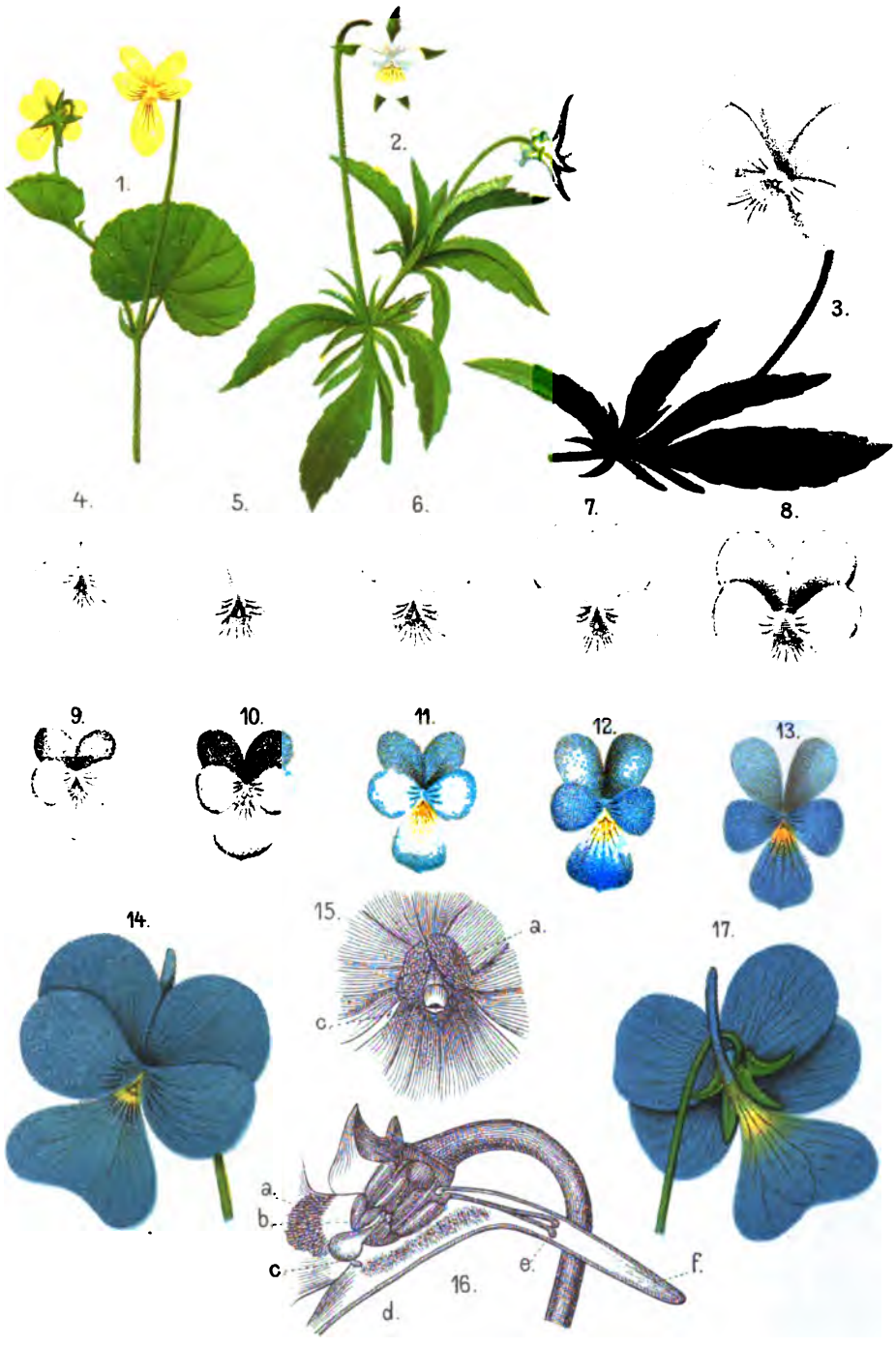


Fig. 384.
Jelängerjelleber (Caprifolium) vom Windig (Sphinx Convolvuli) befruchtet.

Man kann daher auch umgekehrt häufig erkennen, wie manche Blumenfarben entstanden und von welchen Insektenarten sie gezüchtet worden sind. Die Tafel „Farbenentwicklung der Veilchen" versinnlicht den Vorgang an mehreren Arten der Gattung Viola. Bei ihnen trägt das untere unpaare Blumenblatt einen mehr oder weniger langen Sporn (Fig. 16 f), in welchen zwei Anhängsel der dem Sporn zugekehrten Staubfäden (e) Honig absondern. Den kürzesten Sporn, dessen Honig deshalb hauptsächlich von kleinen kurzrüßligen Fliegen ausgebeutet wird, trägt das zweiblüthige Veilchen (Viola biflora, Fig. 1) der Alpen. Wir sehen, daß es wie die meisten Fliegenblumen von gelber Farbe ist, und dieses Gelb oder ein gelbliches Weiß, wie es unser von Insekten sehr wenig besuchtes kurzsporniges Acker-Stiefmütterchen (2) aufweist, scheint die Grundfarbe der Veilchen gewesen zu sein. Bei dem gelben Alpen-Stiefmütterchen (3—8) und dem bunten Feld-Stiefmütterchen (9—13) hat sich der Sporn schon etwas verlängert und diese Blumen werden daher vorzugsweise von Hummeln besucht und befruchtet. Damit im Zusammenhange treten an die Stelle des gelben Grundtons die Lieblingsfarben der Bienen, blaue und violette Färbungen, und zwar sind es bei dem Alpen-Stiefmütterchen in der Regel blos die beiden obersten Blätter, welche durch Farblosigkeit in Hellblau übergehen. Bei unserm bunten Feld-Stiefmütterchen geht dann die Blaufärbung allmälig auch auf die mittleren und das unterste Blumenblatt über, und man findet alle möglichen Zwischenstufen dieser Veränderungen.

Hermann Müller hat nun die lehrreiche Beobachtnng gemacht, daß auch diejenigen Exemplare des Alpen-Stiefmütterchen (Viola tricolor alpestris), welche voll erwachsen blaue Oberblätter haben (8), in der Knospe diese Farbe nicht zeigen, und daß die Färbung sich beim weiteren Aufblühen unter allmäliger Vergrößerung so entwickelt, wie es in den Figuren 4—8 dargestellt ist, die nach einer hier zum ersten Male veröffentlichten Farbenskizze des Genannten wiedergegeben wurden. Man sieht, wie das Gelb in den obern Blättern erst ausbleicht, und dann an die Stelle desselben eine immer dunkler werdende blaue Färbung tritt, worauf derselbe Prozeß bei den mittleren Blättern beginnt. Eine ähnliche Farben-Entwicklung kann man, wie ich im Anschluß an diese Beobachtung festgestellt habe, bei unserm gewöhnlichen dreifarbigen Stiefmütterchen beobachten, mit dem Unterschiede, daß hier selbst in der Knospe meist nur noch das unterste Blumenblatt gelb gefärbt ist, und diese Farbe häufig, während die Oberblätter nachdunkeln, ebenfalls durch Weiß in Blau übergeht. Die Figuren 9—13 sind in der That nach verschiedenaltrigen Blumen eines und desselben Pflänzchens entworfen. Wir werden daher wohl unserem berühmten Blumenforscher unbedenklich zustimmen können, wenn er folgert, daß sich in dieser allmäligen Umwandlung des gelben in ein blaues Stiefmütterchen die ontogenetische Wiederholung des phylogenetischen Prozesses, durch welchen



Die Farben-Entwicklung der Veilchen.

die gelben Veilchen in Folge der Bienenbesuche in blaue umgezüchtet wurden, verfolgen läßt.

Einen noch weiteren Schritt in dieser Richtung stellen die sehr großblumigen und langspornigen, meist violett oder tiefblau gefärbten Veilchen des Hochgebirges dar, aus denen die Kunst des Gärtners die bunten Garten-Stiefmütterchen erzogen hat, und von denen wir in Figur 14—17 das langgespornte Veilchen (Viola calcarata) der schweizer- und österreichischen Alpen dargestellt sehen. Sein Honig ist, wie wir nach der Länge des Spornes beurtheilen können, nur noch sehr langrüßligen Schmetterlingen zugänglich, und Müller sah, wie das gemeine Karpfenschwänzchen in $6^3/_4$ Minuten 194 Blumen untersuchte, und ev. befruchtete. Dem kurzspornigen gelben Veilchen (1) gegenüber stellt diese Blume das andere Extrem, ein Endprodukt der Umzüchtung dar, aber daß sie aus einer, dem in Nr. 3 dargestellten gelben Stiefmütterchen ähnlichen Art hervorgegangen ist, bestätigt sie häufig durch Rückschlag, indem sie manchmal mit gelben Blüthen vorkommt. Die Umzüchtung ist auch nicht blos in der Farbe, sondern auch in manchen andren Eigenthümlichkeiten ausgeprägt. In Fig. 15 und 16 bemerken wir bei d eine kleine, von der Narbe (c) herabhängende, bewegliche Klappe, welche das großblumige Stiefmütterchen unsrer Felder ebenfalls besitzt, während sie dem kleinblüthigen (2) fehlt, obwohl dasselbe meist nur für eine Varietät des andern gehalten wird. Wenn nämlich das besuchende Insekt den Rüssel unterhalb der Narbe durch eine von zwei Seiten mit einem Haarstreifen eingefaßte Rinne einführt, so findet es die Narbe (c) offen und kann ihr den mitgebrachten Blumenstaub mittheilen. Zieht es dagegen den Rüssel aus der Haarrinne zurück, in welcher der eigne Blumenstaub sich ansammelt und dem Rüssel anhaftet, so drückt es die Klappe auf die Narbe, und so wird verhindert, daß der eigene Blumenstaub auf die Narbe gelangt. Das kleine weiße Feld-Stiefmütterchen, welches sich selbst befruchtet, entbehrt einer solchen Klappe, die ihm überflüssig wäre. Ebenso entbehrt das kleine Stiefmütterchen des Bartes (a) am Blumeneingange, der den Bienen beim großen Stiefmütterchen und langgespornten Alpenveilchen als Anhalt dient, um sich beim Honigsaugen daran festzuklammern.

Wir haben dieses Beispiel mit größerer Ausführlichkeit gegeben, weil es deutlich zeigt, wie sich die blaue und violette Färbung Schritt um Schritt mit der Verlängerung des Spornes und Ausbildnng andrer Eigenthümlichkeiten, die wir als Bienenzüchtungen betrachten müssen, eingestellt hat, so daß wir ihnen auch die Züchtung der Farbe zuschreiben dürfen. Die Enzian-Arten bieten eine fast vollständige Parallele. Auch hier giebt es gelbblühende Arten mit weitgeöffneten, allen Insektenarten zugänglichen Blüthen, dann folgen rothgesprenkelte, rothe und violette Arten, die immer mehr Besucherkreise, Bienen und Schmetterlinge ausgenommen, abweisen, bis zu den azurblauen, engröhrigen Alpen-Enzianen, die nur noch den langrüßlichsten

Schmetterlingen zugänglich sind. Die Falter, welche in den höhern Alpenregionen andern Insektenklassen den Vorrang ablaufen, haben sicherlich einen bedeutenden Antheil an der oft bewunderten Farbenschönheit der Alpenblumen, und namentlich sind die brennend karminrothen Nelken und die azurblauen Enzian-Arten der Hochalpen offenbar ihre Lieblinge und ihre Geschöpfe.

Aber die Tagfalter bekunden nicht nur einen ausgebildeten Farbensinn, sondern sie bevorzugen auch würzige Düfte. Fritz Müller hat vor zwanzig Jahren entdeckt, daß viele Schmetterlinge neben ihrem prachtvollen Farbenkleide auch eigene Duftorgane besitzen, mittelst deren sie würzige Düfte ausströmen, um sich den Weibchen in der Ferne bemerklich zu machen, und er hat einzelne dieser „Blumen der Luft" beobachtet, die so angenehm dufteten, wie ein Blumenstrauß. Wir können uns daher nicht wundern, daß sie auch, namentlich in den Hochalpen, herrliche, volldustende Blumen gezüchtet haben, deren Dufton zwischen Nelken und Vanille in der Mitte zu stehen pflegt. Es ist klar, daß der Duft als Anlockungsmittel auch Blumengröße und Farbe bis zu einem gewissen Grade ersetzen kann, und daher sind einige, unscheinbar blühende Pflanzen, die kräftig duften, ebenso besucht als schöngefärbte und große. Von Wichtigkeit wird dieser Umstand für die nachtblühenden Blumen, die sich der Befruchtung durch Nachtschmetterlinge angepaßt haben, während die Tagfalter- und übrigen Insekten-Blumen sich meistens des Nachts schließen, um weder Duft zu vergeuden, noch sich der Gefahr auszusetzen, durch Regen und Nachtthau ihres Honigs verlustig zu gehen. Solche Nachtfalter-Blumen beginnen in der Regel erst des Abends zu duften und sind vorzugsweise lichtblau oder rein weiß gefärbt, weil diese Farben in der Dämmerung oder bei Mondlicht am auffallendsten wirken. Auch fehlen ihnen durchweg die schönen Zeichnungen und Saftmale der Tagfalterblumen, welche des Nachts doch keine Wirkung äußern könnten. Einige Abend- und Nachtfalterblumen sind noch gefärbt, vielleicht weil sie sich erst seit kürzerer Zeit den im Dunkeln fliegenden Faltern angepaßt haben, dann sind aber diese aus einem früheren Zustande herrührenden Farben oft sehr trübe und unrein, z. B. bei Nachtviolen, Levkoien, Türkenbundlilien und ähnlichen Blumen, da von einer Züchtung besonders schöner Farben durch Nachtfalter natürlich keine Rede sein kann.

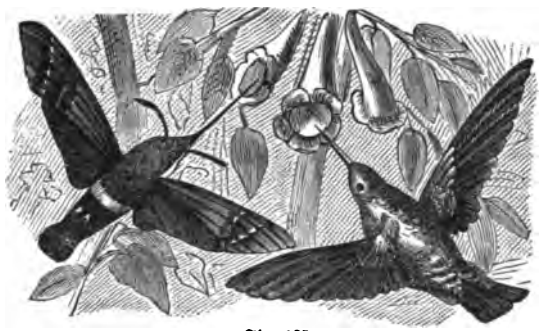


Fig. 385.
Kolibri und Kolibri-Schwärmer (Macroglossa Titan).
Nach Bates.

Eine besonders eigenthümliche Klasse von Blumen bilden die in den wärmeren Gegenden der Welt heimischen Kolibri- und Honigvögel- (Nektariniiden-) Blumen, zu denen namentlich hängende, langröhrige, oft brennend roth gefärbte Blumen, wie Bignonien, Fuchsien und ähnliche gehören. Ihr Nektar kann nur von Thieren ausgebeutet werden, die eine sehr lange Zunge oder einen langen Rüssel haben und schwebend saugen können, und dies Vermögen besitzen eben außer den Schwärmern nur die Kolibris und Honigvögel, welche sich durch einen ungemein schnellen Flügelschlag, durch den ihre Flügel fast ganz unsichtbar werden, auf derselben Stelle schwebend erhalten können. Ihre Mitbewerber sind häufig Verwandte

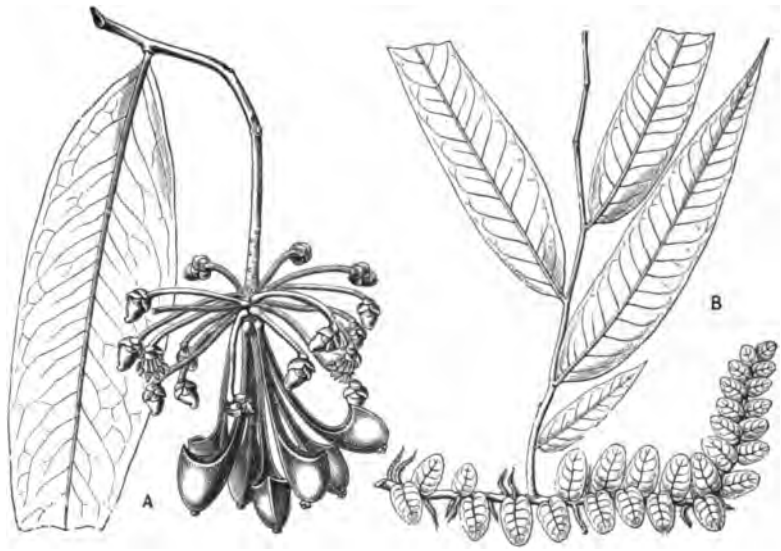


Fig. 386.
Marcgravia nepenthoides. A Herabhängender Blüthenzweig. B Kletterstamm mit Luftwurzeln und kleinen Blättern, aus dem ein Blütenzweig entspringt.

unsrer Karpfenschwänzchen (Macroglossa-Arten) und Bates erzählt uns, daß man sie in einiger Entfernung nur sehr schwer von einander unterscheiden könne (Fig. 385). Fritz Müller fand in Brasilien die verbreitete Sage, daß der Schmetterling sich in einen Kolibri „verwandle." Wie der Kolibri den Flug des Schmetterlings, so hat dieser den zugespitzten Kopf und den breiten Schwanz des Vogels nachgebildet. Es ist dies wahrscheinlich eine durch gleiche Lebensbedingungen hervorgebrachte Anpassungs-Aehnlichkeit nnd keine sogenannte Nachahmung (Mimicry), wie man wohl geglaubt hat. Auch Fledermäuse sind als Blumenbefruchter in Anspruch genommen worden.

Bei einer sehr merkwürdigen amerikanischen Familie von Klettergewächsen, den Marcgraviaceen, haben die Stützblätter (Brakteen) der

an sich nicht auffallenden Blumen die Fähigkeit erlangt, Honig abzusondern, und da es von Nutzen war, weithin sichtbar zu sein, haben sie sich vergrößert und in scharlachroth und purpurn gefärbte Schläuche verwandelt. Bei der in Fig. 386 dargestellten Art, die sich noch dadurch auszeichnet, daß auch unter ihren Zweigen und Blättern eine Art Arbeitstheilung eingetreten ist, hängen die Blüthenstände in Gestalt von Kronleuchtern herab, und an den mittleren Blüthenstielen haben sich die Brakteen auf Kosten der verkümmerten Blüthen so vergrößert, daß sie einen Kreis großer Nektarbehälter bilden, in denen zahlreiche Insekten ertrinken. Vögel, namentlich Kolibris, die zu diesen Behältern kommen, sei es des Nektars wegen, oder um darin Insekten zu fischen, streifen mit Kopf und Rücken den Staub der Blüthen ab und übertragen ihn auf andere Blüthen. Die Familie zählt nicht viel mehr als ein halbes Schock Arten, aber auch hier ist, ähnlich wie bei den sogleich zu besprechenden Orchideen, die Formen-Mannigfaltigkeit eine so große, daß man deutlich erkennt, wie sehr derartige Züchtungseinflüsse die Formen der Pflanzen vermannigfachen.

Wir erkennen nach alledem, daß ein Hauptgrund für die Entstehung immer neuer und anders gestalteter Blumenformen in den Anpassungen an besondere Besucherkreise, und in der Ausschließung anderer lag. Dieses Moment zeigte sich am fruchtbarsten bei den schon oben (S. 528) besprochenen Saumblumen, deren Blumenblätter zu einem Trichter oder zu einem Rachen verwachsen sind, weil hier die Ausschließung weniger nützlicher Besucherkreise viel leichter war, als bei den von allen Seiten zugänglichen freiblätterigen Blumen. Namentlich waren es die durch das vorwiegend morphologische Element der Seitenständigkeit, ähnlich wie bei den Korallen (S. 258), zweiseitig symmetrisch gewordenen Saumblumen, welche der Insektenzüchtung immer neue Angriffsmomente für Specialzüchtungen, für eine weitere Theilung der Blumenwelt unter die Insekten boten. Die wegen dieser Unregelmäßigkeit als Lippenblumen (Labiaten), Masken- (Personaten) und Nasenblüthler (Rhinanthaceen) bezeichneten Blumen wurden von gewissen Insekten, denen sie am besten zusagten, in Beschlag genommen und in ihrer besonderen Richtung zu kleinen Wundern der Teleologie für oberflächliche sowohl als für tiefer blickende Beobachter umgewandelt. Um wenigstens einige Beispiele anzuführen aus den mannigfachen erstaunlichen Einrichtungen derselben für die Fremdbestäubung, wie sie Sprengel, Darwin, Delpino, Hildebrandt, H. Müller und A. auf diesem noch lange nicht erschöpften Beobachtungsfelde enträthselt haben, erwähnen wir der Salbei-Arten, deren Staubgefäße dadurch, daß sich das verbindende Stück der beiden Staubbeutel ausdehnte, ein bewegliches Glied (m Fig. 387) an der Spitze der beiden Staubfäden erhielten, welches wie ein Pumpenschwengel in Bewegung gesetzt werden kann. In der Ruhestellung verschließen die unteren Enden (a) dieser beweglichen Glieder, deren Staubbeutel gewöhnlich verkümmert sind, den Zugang zum Honig und wenn

nun das Insekt sie wegzudrängen sucht, so schlagen die beiden ausgebildeten Staubbeutel (a') des andern Endes auf den Rücken desselben und pudern ihn gründlich mit dem Blumenstaube ein (Fig. 388), den es nachher auf die Narbe der nächstbesuchten Blüthe überträgt. Aehnliche Einstäubungs-Vorrichtungen besitzen viele Schmetterlingsblüthler (Papilionaceen), bei denen jedes eindringende Insekt, eine kleine Detonation der Staubbeutel erzeugt und ganz eingepudert wieder hervor kömmt.

Wir werden nicht irre gehen, wenn wir den Formenreichthum der meisten Familien mit unregelmäßigen Blumen von Züchtungen durch verschiedene Besucherklassen ableiten. Zu den für diese Auffassung lehrreichsten Pflanzen gehören die von Darwin in bewunderungswürdiger Weise untersuchten Orchideen, deren Tausende von Arten umfassender Formenreich-

Fig. 387.
Staubgefäß einer Sulbei ruhend und durch ein Insekt in Bewegung gesetzt, f Staubfaden, a Verkümmerter, a' ausgebildeter Staubbeutel, m Connectiv.

Fig. 388
Blüte der Salvia Aethiopis von der Holzhummel (Xylocapa violacea) besucht. (Nach Dodel-Port.)

thum unerschöpflich scheint, und deren oft seltsame Gestalten Veranlassung zu manchem Kapitel über „Launen und Bizarrerien der Natur" Veranlassung gegeben haben, obwohl die Wunderlichkeit meistens auf Seiten der Naturschilderer war. Diese ursprünglich durch gehäufte Blüthenstellung unregelmäßig gewordenen Blumen sind vielleicht dadurch so wandlungsfähig, daß die Blüthe alle ihre Kraft der Anlockung und Befruchtung zuwendet, während die Samenbildung auf Monate nach derselben zurückgeschoben wird. Von den drei dieser Monocotylen-Familie ursprünglich zugehörigen Staubgefäßen ist in der ungeheueren Mehrzahl der Fälle nur ein einziges ausgebildet, welches unmittelbar mit Fruchtknoten und Narbe verwachsen ist, und wie gewöhnlich, aus zwei Fächern besteht, deren völlig getrennte Pollenmassen gestielte Klumpen in zusammenhängender Beschaffenheit, Pollinien (Fig. 389 a) genannt, bilden. Der Fruchtknoten gipfelte ursprünglich wie gewöhnlich in drei Narben, von denen jedoch nur die beiden untersten (st) als solche aus-

gebildet sind, während die oberste einen kleinen Sack, das Rostellum (r) bildet, in welchem die Pollinien auf besonderen Klebscheiben (d) ruhen. Wenn nun bei einer Orchis-Art ein Insekt zu dem mit saftigem Gewebe erfüllten Sporn vordringen will, so stößt es gegen das Rostellum (r) und klebt sich die beiden Pollinien auf den Kopf, so daß es gehörnt heraus kommt, und wenn es mehrere Blüthen besucht hat, ein förmliches Geweih erhält (Fig. 390,4). Man kann dies leicht nachahmen, wenn man mit einer Nadelspitze gegen das Rostellum stößt, wobei die Pollinien sofort daran festkleben (Fig. 390,3). Vermöge einer eigenthümlichen Zusammenziehung der Klebscheibe senkt sich das Gehörn stets nach vorn, und wenn nun das Insekt eine zweite Orchidee besucht, so stößt es mit seinen Hörnern direkt auf die klebrige Narbe (st), woselbst nur Theile der Pollinien haften bleiben,

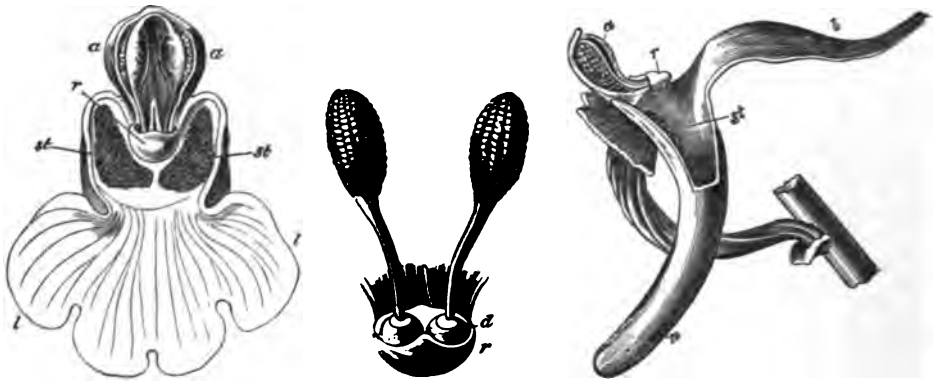


Fig. 389

Blüthe von Orchis mascula. I. Vorderansicht der Blüthe, von welcher alle Kelch- und Kronenblätter mit Ausnahme der Lippe weggeschnitten sind. II. Die Pollinien. III. Seitenansicht mit Querschnitt durch den obern Theil der Lippe und des Spornes. Alle Figuren vergrößert.

so daß das Insekt schon mit einem Horn mehrere Blüthen befruchten kann. Die Unterlippe der Orchideen-Blüthe, wie der meisten ähnlichen Rachenblüthen, dient dabei als hauptsächlichstes Anlockungsmittel und als Flugbrett; sie nimmt die wunderbarsten Formen an und hat sich bei einigen Arten zu langen Troddeln und Kletterseilen verlängert, um es den Gästen leicht zu machen, heraufzuklettern und sich ein paar Hörner zu holen, oder sie hat sich zu einem kahnförmigen Behälter aufgeblasen (der sich manchmal mit Wasser füllt), und den die Insekten nur durch einen engen Ausweg bei Narben und Antheren vorbei verlassen können. Die Mittellinie der Lippe ist oft mit den schönsten Farbenstreifen und Zeichnungen geziert, und bei der in Fig. 390 dargestellten, ebenfalls einheimischen Orchidee führt ein Honigpfad (n) grabenwegs zu der Stelle, wo man sich die Hörner zu holen und sie demnächst abzustreifen hat. Fast bei jeder Orchidee ist Blumenform und Befruchtungsart eine andere und unter den ausländischen giebt es höchst

erstaunliche, von Darwin in seinem Orchideenbuche beschriebene Fälle, aus denen deutlicher als irgendwo hervorleuchtet, wie viel Mannigfaltigkeit die Insektenzüchtung in die Blumenwelt gebracht hat.

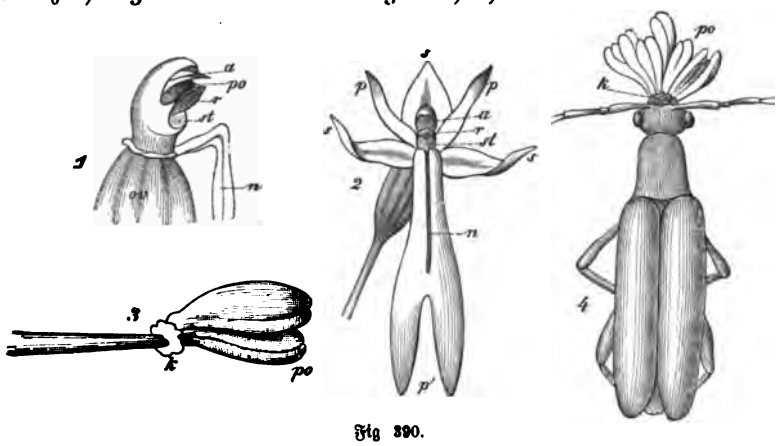


Fig 390.

Listera ovata. 1. Oberer Theil der Blüthe von der Seite. 2. Blüte von vorn. 3. Die einer Nadel angeklebten Pollinien. 4. Ein Käfer (Grammoptera laevis) mit zahlreichen Pollinien auf der Stirn. Alle Figuren vergrößert. Nach H. Müller. a Anthere, po Pollinien, r Rostellum, k Klebmasse, st Narbe, s Kelchblätter, p Blumenblätter, p' Unterlippe, n Nektarstreifen, ov Fruchtknoten.

Aber auch in vielen andern Pflanzenfamilien hat die auf Sicherung der Kreuzbefruchtung hinarbeitende Naturzüchtung sehr merkwürdige Einrichtungen hervorgerufen. So hat Fritz Müller in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit auf Blumen mehrerer verschiedener Familien gelenkt, welche zweierlei Staubfäden hervorbringen, auffälliger gefärbte, oft blumenblattartig umgebildete, die den Besuchern zur Nahrung dienen, und unscheinbarere, welche den befruchtenden Blumenstaub liefern. Bei mehreren Formen unseres gemeinen rothen Wiesen-Weiderich (Lythrum Salicaria) finden wir eine derartige Arbeitstheilung unter den Staubfäden, nämlich sechs längere Staubfäden mit dunkelgrünem fruchtbarem Blumenstaub und sechs kürzere mit goldgelbem unfruchtbarem, der den Besuchern zur Nahrung dient. Bei dieser Blume kommen drei verschiedene Formen vor, kurz-, mittel- und langgriffliche, bei denen der Griffel kürzer als beide Staubfädenkreise bleibt, oder den einen oder beide Kreise überragt (Fig. 391), und Darwin hat gezeigt, daß von den achtzehn zwischen diesen drei Formen möglichen Kreuzungen, die namentlich durch Bienen und langrüßlige Fliegen vermittelt werden, die-

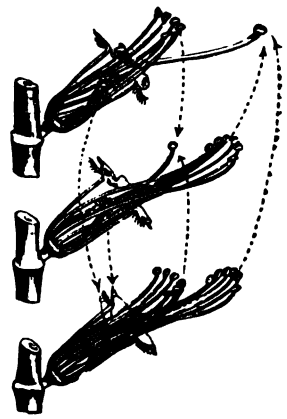


Fig. 391.

Lythrum Salicaria. Die zugekehrte Seite der Blütenhülle ist weggeschnitten. A langgrifflich. B mittelgrifflich und C kurzgrifflich. Die Pfeile und punktirten Linien deuten die besten („legitimen") Kreuzungen an.

jenigen zwischen zwei Formen, bei denen sich Griffel und Staubfäden in ihrer Länge entsprechen, allein guten Samen liefern. Häufiger als ein derartiger Trimorphismus kommt ein entsprechender Dimorphismus, z. B. bei Primeln, Lungenkraut u. s. w. vor.

Bei der Züchtung verwachsenblättriger Saumblumen (Sympetalen) aus freiblättrigen, ist aber nicht selten ein Vorzug der letzteren preisgegeben, die Blumengröße, mit der in ihr liegenden Auffälligkeit. Denn obwohl es auch große Glocken- und Röhrenblumen giebt, so wird durch die Weite des Kelches der Vortheil, den der Ausschluß kurzrüsseliger Thiere gewährt, beeinträchtigt, und solche Blumen, wie die Gentianeen, Borragineen, Campaneln, Ericaceen mußten dahin gelangen, durch allerhand Schuppen, Reusen und andere Kelch-Verschlüsse, die unerwünschten Besucher abzuhalten. Der natürliche Charakter der Sympetalen ist Engröhrigkeit, und um den dadurch stattfindenden Verlust an Auffälligkeit wieder auszugleichen, finden wir bei ihnen oft das Auskunftsmittel, durch Zusammendrängen zahlreicher Blüthen zu gehäuften Blüthenständen sich bemerkbarer zu machen, besonders ausgeprägt. Man denke nur an die gehäuften Blüthenstände der Labiaten, Personaten, Primulaceen, Ericaceen, der kleinblüthigen Campaneln und vieler andern Familien. Auch kleinere freiblättrige Blumen, wie z. B. die der Schirmblüthler, Papilionaceen, Orchideen und vieler anderen drängen sich häufig zu dichten Schirmen, Ähren, Köpfen und Sträußen zusammen, um eine ähnliche Wirkung in die Ferne zu erreichen. Sind die Blumen ganz unscheinbar, so übernehmen mitunter die Deckblätter (Brakteen) der einzelnen Blüthen, indem sie sich vergrößern und zu einer zierlichen Manschette unter dem Blumenstrauß anordnen, auch mitunter lebhafte und glänzende Farben annehmen, das Geschäft der Insekten-Anlockung. Mit solchen aus Stützblättern gebildeten Straußmanschetten sehen wir in den „Zusammengesetzten Blumen" unsres Alpensträußes die oben herausragenden Astrantien (Astrantia major) geschmückt, und bei der links unten dargestellten Alpen-Mannstreu (Eryngium alpinum) formen die Hüllblätter eine schöne stahlblau schimmernde Rosette und machen die „blaue Distel" zum beliebten Hutschmuck der Aelpler. Beide Blumen gehören trotz ihrer abweichenden Tracht zur Familie der Schirmblüthler (Umbelliferen). Bei manchen tropischen Euphorbiaceen, namentlich bei der schönen Osterblume (Poincettia pulcherrima) Mexiko's bilden die Hüllblätter eine brennend scharlachrothe Scheinblume um den unscheinbaren grüngelben Blüthenstrauß.

Der hier angedeutete Entwicklungsweg erreicht seinen Gipfelpunkt bei den Zusammengesetzten (Compositen), einer Pflanzenfamilie, bei deren Angehörigen eine Menge winziger Blüthen auf einem gemeinschaftlichen Blüthenboden und in einem korbartigen Hüllkelch eingeschlossen stehen, weshalb man sie auch Korbblüthler nennt (Fig. 392). Nach dem Verhalten der Sonnenblumen und vieler anderer Compositen zu schließen, hätte diese Vereinigung noch den Vortheil, eine Erhöhung der richtenden Kraft

Zusammengesetzte Blumen.

der Sonne auf den Stiel zu erzeugen, so daß dieser dem Laufe der Sonne mehr als bei einzelstehenden Blüthen folgt. Die Vorstufen dieser Gesellschaftsbildungen kann man bei den Scabiosen und noch besser bei den kopfförmig gehäuften Campaneln (Jasione, Phyteuma) sehen, und die erste Folge dieser Beschützung durch einen allgemeinen Kelch (gegen Regen und Unbilden der Witterung) war, daß die Einzelnblüthen ihre besondern Kelche verloren, die sich oft zu Flugvorrichtungen für die Samen (den sogenannten Pappus) zurückbildeten, wie wir sie bei dem Löwenzahn und den Disteln schon als Kinder kennen lernten. Die Einzelnblumen geben hierbei ihre

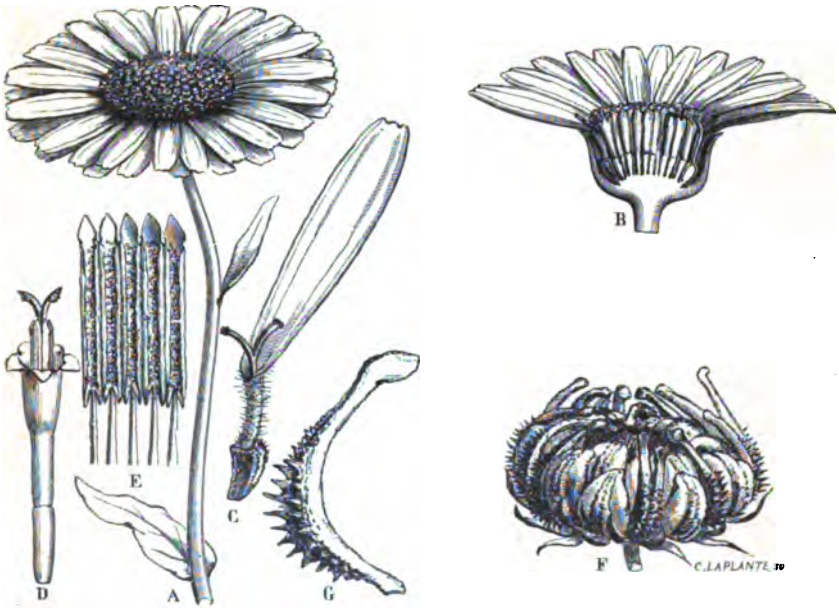


Fig. 392.
A Acker-Ringelblume (Calendula arvensis). B Köpfchen im Längsschnitt. C Weibliche Blüthe. D Zwitterblüthe. E Staubblätter. F Köpfchen mit reifen Früchten. G Reife Frucht.

Individualität fast gänzlich auf und ordnen sich durch Arbeitstheilung so vollständig einem Gemeinwesen unter, daß man ein gewisses Recht hat, mit Link und Schleiden die Compositen als „Blumen höherer Ordnung" zu betrachten.

Diese kleinen Blumenstaaten bieten den Insekten, die auf ihnen spazierend, bequem eine Blüthe nach der andern ausbeuten und befruchten können, so große Vortheile, daß wir uns nicht wundern dürfen, in den Compositen trotz ihrer späten Erscheinung, die an Arten und Gattungen reichste aller Pflanzenfamilien zu finden. Denn auch in ihr war die Fortbildung zu immer besserer Anpassung an den günstigsten Fortpflanzuugsweg, also die Variations-Tendenz, noch keineswegs abgeschlossen. Die einfachsten Fälle sind dabei

diejenigen, wo alle Blüthen zwitterig und von gleicher röhrenförmiger Gestalt sind, wie bei den Disteln und Kletten. Diese Blumen sind jedoch nicht sehr auffällig und müssen oft durch Kopfgröße ersetzen, was ihnen an Farbenpracht abgeht. Hier kam nun eine morphologische Eigenthümlichkeit der Naturzüchtung zu Hilfe. In Folge eines leichterklärlichen Ernährungsvorganges erhalten bei dieser dichten Aneinanderdrängung der Blüthen die randständigen ein Vermögen sich zu vergrößern, das Geschäft der Insekten-Anlockung zu übernehmen und dafür die Blumenstaub- oder Samen-Produktion einzustellen, also unfruchtbar zu werden. Wir sehen dies, z. B. auch bei dem wilden Schneeball und bei den Flockenblumen, z. B. bei der auf unsrer Alpenblumen-Tafel dargestellten Bergflockenblume (Centaurea montana), welche einer Kornblume in doppelter Größe gleicht: vergrößerte, taube, nur die Anlockung besorgende Randblumen in beiden Fällen.

Wie aber die Saumbäume eines dichten Waldbestandes ihre Aeste nach außen breiten und eine ganz unregelmäßige Krone bilden, so verlieren die randständigen Blumen eines zusammengesetzten Blüthenstandes, wie wir etwas Aehnliches schon oben (S. 258) von den Korallenpolypen erfahren haben, häufig ganz ihre ursprüngliche nur von den Mittelblüthen bewahrte, regelmäßige Grundform; die nach außen und vom Stengel abgewendete Hälfte der Krone beginnt sich stärker auszubilden, die Blumen nehmen eine rachenförmige Gestalt mit vergrößerter Unterlippe an, oder verlängern sich zu einem langen Strahl (Strahl- oder Zungenblüthen), wobei sie gewöhnlich eingeschlechtig wie bei den Ringelblumen (Fig. 392) oder gar unfruchtbar werden. Sie dienen jetzt blos noch als Putz- und Anlockungsfahnen und nehmen zur bessern Erreichung dieses Zweckes häufig eine von den gelbbleibenden Scheibenblumen verschiedene Färbung an, z. B. eine weiße, wie bei Maaslieb und Kamille, oder eine möglichst abstechende, wie die violette der Astern, von denen die auf unserer Tafel dargestellte Alpenaster (Aster alpinus) ein besonders leuchtendes Beispiel giebt. Sind die Einzelkörbchen klein, wie bei den Schafgarben-Arten, zu denen die im Strauße dargestellte Moschus-Schafgarbe (Achillea moschata) gehört, so drängen sie sich wohl, ebenso wie die einfachen Blumen, zu dichten Schirmen oder Sträußen zusammen und werden dadurch auffällig.

Bei einer kleinern Gruppe der Compositen, zu denen die Beifußarten, Huflattiche und Immortellen gehören, war selbst dieses Mittel nicht sehr aussichtsreich, weil ihre Eigenthümlichkeit darin besteht, kleinere Köpfe mit winzigen Blüthen zu bilden. Wegen des geringen Unterschiedes der Stellung konnte deshalb von einem Ausstrahlen der Randblumen hier nicht wohl die Rede sein. Die Immortellen sind deshalb dadurch auffällig geworden, daß ihre Hüllkelchblätter lebhafte Farben angenommen haben; bei den andern haben sich die kleinen Köpfchen zu zusammengesetzten Blüthenständen vereinigt, die zum Theil, wie bei der Pestwurz (Petasites) schon im ersten Frühjahr und vor den Blättern erscheinen, um möglichst auffällig zu sein.

Es handelt sich also in diesen Fällen um einen aus zusammengesetzten Blumen gebildeten Blüthenstand, gleichsam um eine zweite Potenz des Vereinigungsprinzips. Das interessanteste Beispiel dieses Entwicklungsweges haben wiederum die Alpen in dem bekannten Edelweiß geliefert, dessen mit Recht bewunderte scheinbar einfache „Blume" ein zusammengesetzter Strauß aus zusammengesetzten Blüthen, eine Composition aus Compositen ist, bei welcher die weißfilzigen äußeren Brakteen, die gar nicht zur Blüthe selbst gehören, die Straußunterlage oder Manschette in der Gestalt einer schönen Sternblume bilden. Das Edelweiß ist als im Sinne des Vereinigungsprinzips höchste Leistung der Insektenzüchtung in die Mitte unsres Alpenblumenstraußes gestellt worden.

Trotz solcher schönen Einzelheiten ist jedoch die ästhetische Bedeutung dieser ungeheuer formenreichen Pflanzengruppe nicht groß, wie man schon daraus ersehen kann, daß unser Ziergarten außer Astern, Chrysanthemum, Georginen und Cinerarien ihr nicht viel wirklich schöne Blumen entnehmen konnte, und selbst an diesen wenigen hat die Kunstzüchtung noch das Meiste gethan. Es ist dies ein wichtiger Beleg dafür, daß die Blumen-Entwicklung nicht einem ästhetischen, sondern einem Nützlichkeits-Ideal, der möglichst vollkommnen Anpassung an die Daseinsbedingungen zustrebte. Denn unter den Compositen müssen wir augenscheinlich die Blumenkönigin suchen und vielleicht verdient unter ihnen die Sonnenblume, das verkörperte Abbild des Gestirnes, dessen Strahlen alle diese Schönheiten erweckten, den Platz auf dem Throne. Täuschen hier die Erdfunde nicht, so müssen nicht nur die Palmen, welche Linné als die Fürsten des Gewächsreiches betrachtete, die Ranunkeln, welche Dekandolle obenan stellte, und der Pomeranzenbaum, in welchem Reichenbach alle Vollkommenheiten vereinigt sah, sondern auch die Rose muß sich vor der neuen Blumenkönigin, der Sonnenblume neigen. Wir würden dann freilich versucht sein, von einem Rückschreiten der Pflanzenwelt in ästhetischer Beziehung zu reden, und es ist wohl möglich, daß sie den Höhepunkt in mancher Beziehung überschritten hat, woran vielleicht die abnehmende Sonnenwärme Antheil hat. Denn die anspruchsvollen Formen der Korbblumen sind in Wahrheit Geburten der gemäßigten Zonen und nur dort herrschend. Zwei Eigenheiten fallen uns im Kreise dieser Jüngstgeborenen der Schöpfung noch besonders in die Augen, eine Neigung, die Geschlechter wieder zu trennen, die unter den Blumenstaaten, welche die Verwandten der Sonnenblume in ihrem Kelche bergen, am deutlichsten ist, und die Seltenheit baumartiger Formen in ihrer großen Schaar. Unter allen Pflanzenklassen scheint eine Verminderung der baumartigen Formen zu Gunsten der krautartigen in der Erdgeschichte stattgefunden zu haben. Baumartige Bärlappe und Schafthalme sind gänzlich von der Erdoberfläche verschwunden, die Zahl baumartiger Farne und Palmenfarne hat sich unzweifelhaft vermindert, die Zeit baumartiger Ein- und Zweiblattkeimer ist im Niedergange und die Zeit der Kräuter bricht herein. Immer

mehr werden wir genöthigt sein, durch künstliche Anpflanzungen alternde und zum Aussterben geneigte Baumformen zu erhalten, und darum werden wir ein Recht erhalten, die Neuzeit, im Gegensatze zu den Farn-, Nadelholz- und Laubwäldern der früheren Epochen, das Zeitalter der Culturwälder zu nennen.

Eine von der im Vorstehenden geschilderten sehr abweichende Art der Insekten-Anlockung finden wir bei den „insektenfressenden Pflanzen", von denen einige schon im vorigen Jahrhundert die Aufmerksamkeit der Forscher erregt haben. Darwin hat neben den höchst reizbaren Sonnenthau-(Drosera-)Arten und der zu demselben Geschlecht gehörigen Venusfliegenfalle, auf eine in Portugal vorkommende Droseracee, das Thaublatt

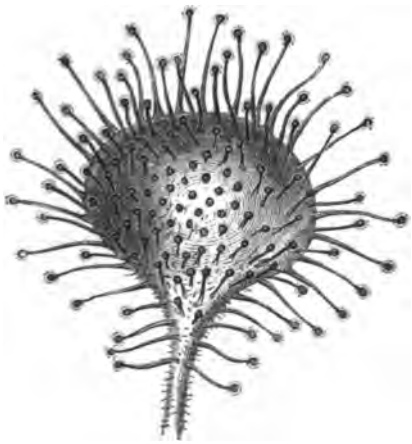


Fig. 393.
Blatt von Drosera rotundifolia, mit ausgebreiteten Fangdrüsen. (Vergr.)

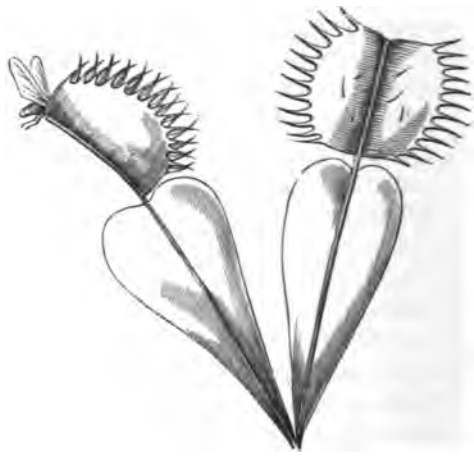


Fig. 394.
Zwei Blätter der Venus-Fliegenfalle, offen und geschlossen.

(Drosophyllum) aufmerksam gemacht, dessen länglich schmale Blätter auf beiden Seiten mit zahlreichen Drüsenhaaren bedeckt sind, die reichlich einen sauren Schleim absondern, wenn sich an dieser lebendigen Leimruthe ein Insekt gefangen hat, im Uebrigen aber nicht reizbar und unbeweglich sind. Aehnlich verhalten sich anscheinend zwei Droseraceen vom Cap der guten Hoffnung und Australien (Roridula und Byblis) und es ist leicht zu denken, daß, nachdem eine Pflanze den Anfang gemacht hatte, die eingefangenen Insekten zu verdauen, und sich bei dieser neuen Ernährungsart wohl befand, dann dieses Vermögen durch natürliche Züchtung ausgebildet werden konnte. Da diejenigen Abarten, deren Drüsenfäden und Blätter reizbar wurden, sich auf dem gefangenen Insekt zusammen neigten und eine Art Magenhöhle zur bessern Ansammlung des Verdauungssaftes bildeten, sich besser ernähren mußten, so konnten sie durch Ausbildung dieses Vermögens die anderen Varietäten aus dem Felde schlagen. Noch unter den Drosera-

Arten selbst, die man wegen ihrer Drüsenausscheidungen und weil sie am hellen Mittag bethaut erscheinen, Sonnenthau nennt, finden sich solche mit schmalen, beiderseits drüsigen Blättern, wie bei den eben genannten Verwandten, aber diejenigen Arten, deren Blätter sich um den Fang zusammenschließen, sind nur noch auf der oberen Seite mit Saftdrüsen besetzt. Diese wirken gleichzeitig wie Fangfäden (Tentakeln), die im gewöhnlichen Zustande ausgebreitet (Fig. 393), sich auf dem Beutestück zusammenneigen und es mit auflösendem Schleim, der ähnliche verdauende Eigenschaften wie der Magensaft der Thiere besitzt, umhüllen. Während aber bei den zahlreichen Drosera-Arten die Drüsenhaare zugleich saugende, aussondernde und einsaugende Organe sind, tritt bei einigen ihrer Verwandten eine fernere Arbeitstheilung ein. Der Stengel der amerikanischen Venus-Fliegenfalle (Dionaea muscipula) ist mit einer Wurzelblattrosette umgeben, die auf jeder Blattfläche (Fig. 394) nur noch sechs Wimpern besitzt, während der Blattrand den Augenwimpern vergleichbar, mit einer dicken Reihe steifer Borsten besetzt ist. Weder die Wimpern des Blattellers, noch die des Randes sind fähig, Flüssigkeit auszusondern oder einzusaugen, sondern die ersteren dienen nur noch als Tast-, die letzteren als Fangorgane. Sobald ein Insekt eine jener Borsten berührt, klappt das Blatt rasch zusammen und die Randwimpern verschränken sich, wie die Finger eines Betenden, um den Fang sicher zu halten. Als Verdauungssaft aussondernde und einsaugende Organe dienen dagegen besondre, in der Blattfläche versenkte Drüsen. Sehr ähnlich ist die Einrichtung bei der ebenso empfindlichen Aldrovanda, einer in wärmeren Ländern verbreiteten Wasserpflanze derselben Familie.

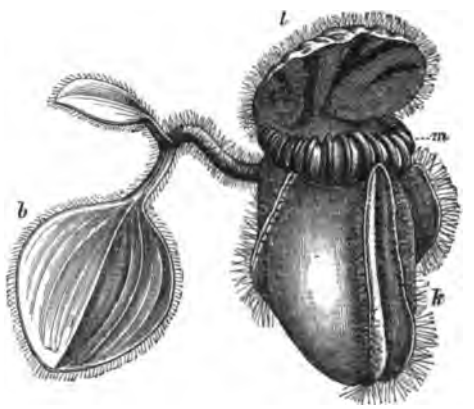


Fig. 395.
Cephalotus follicularis. k krugförmiges Blatt mit dickem, gerippten Rande (m) und Deckel (l), b gewöhnliches Laubblatt.

Man kann somit bei den Droseraceen beinahe Schritt für Schritt verfolgen, wie sich ein neuer Ernährungsweg zu einer Vollkommenheit ausbilden konnte, der dem Naturfohn wie das Erzeugniß sorgsamster Ueberlegung und Verschlagenheit erscheint. Denn auf die Droseraceen mit unbeweglichen Blättern und Drüsen folgen solche mit langsam sich bewegenden Organen und endlich andere mit energisch wirkenden Schnappvorrichtungen. Auch hier eine Reihenfolge, in welcher die allmälige Herausbildung eines am Ende erstaunlich wirkenden Mechanismus nicht zu verkennen ist. Merk-

würdig bleibt es dabei jedenfalls, daß Pflanzen einen Weg eingeschlagen haben, um nach Art der Raubthiere zu leben. Der Magen, der früher als unterscheidender Charakter der Thiere galt, hat sich bei einigen Sumpfpflanzen aus den Familien der Nepentheen, Sarraceniaceen, Cephaloteen (Fig. 395) und anderer sogenannter Kannenpflanzen in einer Form als hohler, mit Verdauungsflüssigkeit gefüllter Deckelkrug oder Schlauch eingestellt, in welchem durch bunte Zeichnungen und süße Ausscheidungen angelockte Kleinthiere immerfort verdaut werden.

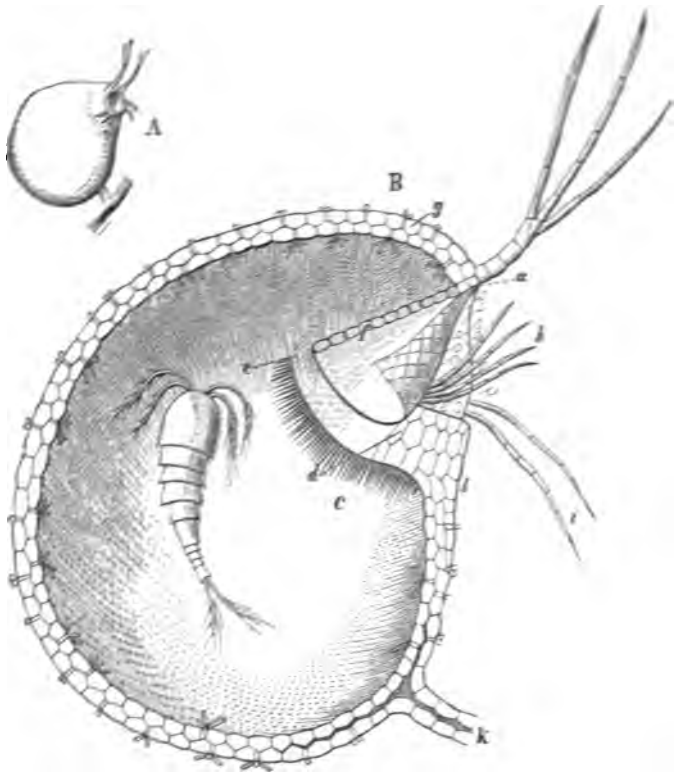


Fig. 396.
A Fangapparat von Utricularia vulgaris, schwach vergrößert. B Derselbe im Durchschnitt, stärker vergrößert, h Eingang, a i Wimperhaare, d f Klappthür. (Nach Cohn).

Uebrigens scheint diese Gewohnheit einzelner Pflanzen, nach Art der Thiere von Beute zu leben, im Ganzen doch wenig Nachfolge gefunden zu haben, obwohl durch Versuche festgestellt worden ist, daß regelmäßig mit Fleischstückchen gefütterte Drosera-Arten drei- bis viermal soviel Samen erzeugten, als im Uebrigen unter denselben Bedingungen gehaltene, fastende Pflanzen.

Die Arten des Wasserhelms oder Blasenkrauts (Utricularia), welche in unsern Torfsümpfen und Torfgräben schwimmen, sind mit richtigen Fangeinrichtungen nach Art gewisser Mäusefallen oder Fischreusen ausgerüstet, um darin kleine Wasserthiere zu fangen. Zwischen den Abschnitten der haarförmig zertheilten Schwimmblätter sehen wir kleine Bläschen (Fig. 396) unter Erbsengröße, die hinter ihrer, von trichterförmig stehenden Wimpern umgebenen Eingangsöffnung (h) eine durchsichtige, leicht bewegliche Klappthür (d f) besitzen, welche die Wasserthiere, die in den

Bläschen vielleicht einen behaglichen Schlupfwinkel vermuthen, wohl zurückstoßen, aber nicht von innen zu öffnen verstehen, da sie sich elastisch an den sogenannten „Kragen" (c b) anschließt. Und zwar sind es nicht blos winzige Wasserflöhe, Krebse, und andere niedere Thiere, sondern wie G. E. Simms beobachtet hat, werden darin auch häufig junge Wirbelthiere, eben ausgeschlüpfte Fische, gefangen. Da die Drüsen und verzweigten Härchen der Blase keinen verdauenden Saft absondern, so sind es wahrscheinlich nur die Verwesungsprodukte der gefangenen Thiere, welche dem schwimmenden Gewächs zu Gute kommen.

Ein eigenthümliches Gefühl beschleicht uns, wenn wir die bunte Au betrachtend, uns sagen müssen, daß wir diesen Farben-, Düfte- und Formenreichthum vor allem den Insekten zu danken haben, und daß unser Garten mit seinen prächtigen Blumen und edlen Früchten bei aller darauf verwendeten Kunst nur ein schwaches Seitenstück zu diesen unendlichen Leistungen der Naturzüchtung ist. Die Ergründung des genaueren, vielverzweigten Stammbaumes der Pflanzen wird eins der schwierigsten Probleme der Zukunft bleiben. Denn viel verborgener liegt hier der allgemeine Zusammenhang der Stammbaumszweige, als im Thierreiche, wo man niemals so künstliche Systeme aufgestellt hat, wie für die Pflanzen, und große natürliche Gruppen, wie Insekten, Weichthiere, Fische, Vögel, Amphibien und Säuger stets als solche anerkannt hat. Bei den Pflanzen dagegen sehen wir wohl deutlich Familien gemeinsamer Abstammung sich abgrenzen, und auch die gegenseitige Verwandtschaft einzelner Familien sich andeuten, aber wir sind noch weit entfernt, ein wirklich generelles und genealogisches System, wie es doch gewiß das einzige natürliche und wahre ist, aufstellen zu können. Der Grund liegt einerseits in der Einseitigkeit des Pflanzenlebens, und andererseits in der Vielseitigkeit, mit der es die Einwirkungen der bunten Thierwelt wiederspiegelt. Unter diesen mannigfachen äußern Umwandlungen liegt aber die Grundverwandtschaft der Familien wie unter einem buntgestickten Schleier verhüllt.

Am meisten Hoffnung hat der Systematiker, wenn er das täuschende Gewand der mannigfachen Anpassungsähnlichkeiten abstreifend, sich von der Entwicklungsgeschichte und den Eigenthümlichkeiten der Jugendzustände leiten läßt. Schon Jussieu hatte klar erkannt, daß die embryonalen Charaktere der Pflanzen die beständigsten und die natürliche Verwandtschaft am sichersten ausdrückenden sind. Man denke an die großen Gruppen der Mono- und Dicotylen, die nach dem Embryo und der Keimung unterschieden worden sind und durchaus das Gepräge wirklich von jeher getrennter Abstammung besitzen. Aehnliche beständige Charaktere liefert die Versorgung des Embryos im Samen mit Eiweißstoffen. So z. B. ist der Samen bei den nahe verwandten Familien der Cruciferen, Capparideen und Resedaceen eiweißlos. Auch die Beschaffenheit der Eiweißversorgung charakterisirt ganze Familien. So ist es bei den Euphorbiaceen ölig, bei den Gräsern mehlig, bei den

Rubiaceen hornartig. Ferner kann in der Lage des Embryos bei ganzen Gruppen der Charakter engerer Verwandtschaft sich ausprägen. So umschließt er den Eiweißkörper peripherisch bei den Chenopodeen, Phytolacceen, Scleranthеen, Paronychiaceen, Amaranthaceen, Portulaceen und Caryophylleen, und es ist wahrscheinlich, daß hierdurch eine gemeinsame Abstammung aller dieser Familien angedeutet wird.

So auf das Ganze blickend und das Werden der bunten Mannigfaltigkeit des Pflanzenreichs betrachtend, mögen wir die wechselnde Blumen-Dekoration der Erde fast wie ein Jahreszeitenkleid betrachten, welches die Erde in dem großen Weltenjahr abgetragen, erneuert und meist verschönert hat. Man darf dabei nicht an plötzliche Veränderungen glauben, wie sie uns phantasmagorische Darstellungen zeigen, die das Bild des Steinkohlenwaldes plötzlich durch dasjenige der Ufervegetation der sekundären Inselwelt ersetzen. Als die baumartigen Bärlappe mit ihrem dichten Schuppenpelze von Nadelbäumen in der Tracht der Araukarien verdrängt wurden, hätte ein ungeübtes Auge den Wechsel kaum erkannt, und ebenso allmälig gingen die Farnbäume durch Palmenfarne in Pandanen und echte Palmen über. Unscheinbar mischten sich die ersten Blüthenbäume unter die blumenlosen, ganz langsam traten auffallendere und immer prächtigere Erscheinungen in den Reigen. Darum aber waren diese Pflanzen nicht weniger getreue Abbilder ihrer Zeit und für das tiefer blickende Auge des Forschers haben sie diesen Charakter selbst auf unsere Tage gerettet. Wenn wir im tropischen Urwalde den Farnbäumen begegnen und uns durch das Selaginellen-Gestrüpp winden, schwebt das Bild der Steinkohlenzeit mit seinem gedämpften Licht und der dunstigen Atmosphäre vor unserem inneren Auge neu herauf. Die Atolle der Südsee mit ihren kaum aus dem Wasser hervorragenden und von kleinen Vierfüßlern belebten Palmen- und Pandanenhainen erinnern uns an jene aus dem Jurameer aufragenden Korallenriffe, die auch damals nur von Pflanzen besiedelt werden konnten, deren Früchte, wie die der Palmen, lange im Seewasser schwimmend, ihre Samen keimfähig erhalten. Die Kunst, meinen wir, sollte sich diese Erkenntniß zu Nutze machen. Raphael und Michel Angelo haben die Weltschöpfung, Pouſſin und Kaulbach die Sintfluth gemalt, indem sie allein aus der Bibel schöpften; sollte es nicht für moderne Künstler eine lockende Aufgabe sein, einmal aus der Bibel der Natur zu schöpfen, und was bisher nur Naturforscher, wie Unger und Oswald Heer, unternommen haben, vorweltliche Landschaften zu malen, lockend für einen Potter und Roos der Vorwesenkunde sie mit den lebendigen Gestalten der Vorwelt zu bevölkern? Sonst hat die Kunst mit Vorliebe riesige Ungethüme und dergleichen dargestellt, hier fänden jene Gestalten ihren berechtigten Platz und es ließe sich bei dem Bilde etwas denken. Ein großes Feld reicher, noch ungehobener Schätze birgt sich hier für den auf tiefere Studien gestellten Genius.

THE BORROWER WILL BE CHARGED AN OVERDUE FEE IF THIS BOOK IS NOT RETURNED TO THE LIBRARY ON OR BEFORE THE LAST DATE STAMPED BELOW. NON-RECEIPT OF OVERDUE NOTICES DOES NOT EXEMPT THE BORROWER FROM OVERDUE FEES.

CANCELLED
MAR 3 0 1982
1 0 1982
7 5 9 1 7